VERSTÄNDLICHE WISSENSCHAFT

Digitized by the Internet Archive
in 2026 with funding from
University of Toronto

https://archive.org/details/kleinemeteoriten00heid

Verständliche Wissenschaft

Dreiundzwanzigster Band

Kleine Meteoritenkunde

Von

Fritz Heide

Berlin · Verlag von Julius Springer · 1934

Astron
H

Kleine Meteoritenkunde

Von

Fritz Heide
Professor der Mineralogie und Petrographie
an der Universität Jena

1. bis 5. Tausend

Mit 92 Abbildungen

334494
28. 12. 36.

Berlin · Verlag von Julius Springer · 1934

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung
in fremde Sprachen, vorbehalten.
Copyright 1934 by Julius Springer in Berlin.
Printed in Germany.

Vorwort.

Zwei Gründe vor allem haben in den letzten Jahren nicht nur in der wissenschaftlichen Welt, sondern auch in dem großen Kreis der naturwissenschaftlich interessierten Laien das Interesse an jenen merkwürdigen Körpern, die vom Himmel auf die Erde herabfallen, den Meteoriten, steigen lassen. Der eine Grund ist die moderne, außerordentliche Entwicklung der Geochemie, deren Forschungsergebnisse in gleicher Weise für die wissenschaftliche Erkenntnis wie für das praktische Leben von größtem Wert sind und für die die Meteoriten sehr wichtige Untersuchungsobjekte sind. Der andere Grund ist die in den letzten Jahren erfolgte Entdeckung mehrerer Aufschlagstellen von Riesenmeteoriten, die, vielfach auch in der Tagespresse bekanntgegeben, die Anteilnahme der breiten Öffentlichkeit erregten. In zahlreichen brieflichen Anfragen an den Verfasser äußerte sich dieses Interesse. Die Herausgabe einer auch weiteren Kreisen verständlichen Darstellung unserer Kenntnisse von den Meteoriten erschien daher angebracht, um so mehr, als eine neuere derartige Darstellung in Buchform im deutschen Schrifttum nicht vorhanden ist. Der Verfasser ist daher sowohl dem Herausgeber dieser Sammlung wie dem Verlage Julius Springer dankbar, daß sie ihm Gelegenheit gegeben haben, die Ergebnisse der Meteoritenforschung einem größeren Leserkreis zugänglich zu machen, dem Verlage insbesondere noch für die sehr reiche Bildausstattung des Bändchens.

Der vorgeschriebene Umfang und der Charakter der Sammlung, in der das Buch erscheint, mußten natürlich maßgebend

für die Stoffauswahl und für die Art der Darstellung sein. Die Fachleute unter den Lesern mögen dies im Gedächtnis behalten.

Abbildungen ohne Herkunftsbezeichnung sind original. Meinen Assistenten, Herrn Dr. Köhler und Herrn Preuß, danke ich für ihre Hilfe bei der Herstellung der Bilder und beim Lesen der Korrekturen.

Jena, im Juli 1934.

F. Heide.

Inhaltsverzeichnis.

Seite

Einleitung 1
I. Fallerscheinungen 3
Lichterscheinungen 3
Schallerscheinungen 9
Einwirkungen beim Aufschlag 12
Meteoritenschauer 21
Meteoritenkrater 23
Zahl der Meteoritenfälle 44
Örtliche und zeitliche Verteilung der Meteoritenfälle 45
Über die Gefährlichkeit niederfallender Meteoriten 50
Historisches über die Meteoriten 51
Worauf ist nun besonders bei einem Meteoritenfall zu achten? . 57
Woran kann man einen Meteoriten erkennen? 59
II. Das Meteoritenmaterial 63
Gewicht und Größe der Meteoriten 63
Die Form der Meteoriten 69
Oberflächenbeschaffenheit 71
Der chemische Bestand der Meteoriten 73
Die Mineralien der Meteoriten 78
Die Struktur der Meteoriten 84
Klassifikation der Meteoriten 96
III. Herkunft und Entstehung der Meteoriten 97
Das Alter der Meteoriten 97
Die Herkunft der Meteoriten 102
Die Entstehung der Meteoriten 105
Anhang 108
Meteoritensammlungen 108
Die Meteoriten Deutschlands 108
Tabelle der Meteoritenmineralien 113
Die Tektite 114
Sachverzeichnis 117

Einleitung.

Wohl alle Leser dieses Büchleins haben schon eine Sternschnuppe gesehen. Am klaren Nachthimmel taucht da plötzlich ein kleines Lichtpünktchen auf, nicht größer als seine feststehenden Sterngenossen, lautlos schießt es ein Stück des Himmelsgewölbes entlang und verschwindet ebenso plötzlich und ebenso still, wie es aufgetaucht war. „Ein Stern ist vom Himmel gefallen", sagen die Menschen, und als ein gutes Vorzeichen gilt es ihnen. Wer sich schnell genug von der Überraschung erholt und gleich einen Wunsch äußern kann, dem soll er in Erfüllung gehen. Noch eine andere Erscheinung am nächtlichen Himmel werden viele Leser schon gesehen haben. Nicht mehr ein Lichtpünktchen von Sternengröße, sondern eine große Kugel mit augenfälligen Leuchterscheinungen, strahlend in bläulichweißem oder rötlichgelbem Licht, durcheilte wiederum lautlos einen großen Teil des Himmelsgewölbes, verschwand hinter dem Horizont oder verlöschte plötzlich. Ein „Meteor" nennen die Fachleute diese Erscheinung. Von einer dritten Himmelserscheinung werden aber wohl nur wenige Leser Augenzeuge gewesen sein. Taghell wird plötzlich die Nacht erleuchtet. Ein großer Feuerball, mit einem langen, glühenden Schweif hinter sich, zieht daher, Zischen, Knattern und Donnern ertönt, und ein explosionsartiger Knall schließt die nur wenige Sekunden dauernde Erscheinung ab. So intensiv ist das Geschehen, daß es sich auch bei hellichtem Tage durchaus bemerklich macht. Die Menschen, die zufällig am Ende der Bahn stehen, sehen feste Körper aus der Luft herabfliegen, und wenn sie in den Löchern, die diese Körper in den Erdboden geschlagen haben, nachgraben, dann finden sie Brocken von steiniger oder metallischer Beschaffenheit.

Alle drei Arten dieser Himmelserscheinungen, so verschieden sie uns vorkommen mögen, legen Zeugnis ab von ein

und demselben Ereignis: von einem *Zusammenstoß unserer Erde mit einem festen Körper aus dem Weltenraume.* Aber nur den von so eindrucksvollen Fallerscheinungen begleiteten „*Meteoriten*" gelingt es, den Schutzmantel unserer Erde, die Atmosphäre, zu durchdringen und bis auf die Erdoberfläche zu fallen. Das macht diese Meteoriten so wichtig für uns. Der Mond, die Sonne und all die anderen Sterne schicken ja nur durch das Licht Botschaft zu uns, auch die Sternschnuppen und die Meteore. Wohl hat der Scharfsinn der Astronomen komplizierte Apparate erdacht, die dieses Licht zerlegen und gestatten, auf indirektem Wege recht genaue Kenntnis von der stofflichen Zusammensetzung der Himmelskörper zu erlangen, aber auf viele Fragen können diese Untersuchungsmethoden keine Antwort geben. Die Meteoriten dagegen, diese handgreiflichen Boten aus dem Weltenraume, können wir untersuchen mit all den mineralogischen, chemischen und physikalischen Methoden, mit denen wir auch die Teile der festen Kruste unserer Erde untersuchen, und wir sind dadurch in der Lage, bereits einen recht erheblichen Teil all der Fragen, die sich an das Vorhandensein dieser Boten aus dem Himmelsraum knüpfen, befriedigend zu beantworten.

Die Beschäftigung mit diesen Fragen geht durchaus über das rein wissenschaftliche Interesse hinaus. Die Kenntnis der stofflichen Zusammensetzung der Meteoriten erlaubt uns wichtige Rückschlüsse auf den Bau und die Zusammensetzung unseres eigenen Planeten zu ziehen und Gesetzmäßigkeiten zu erkennen, die für die Stoffverteilung auf der Erde von großer Bedeutung sind, Gesetzmäßigkeiten, die auch die Bildung von Lagerstätten nutzbarer Mineralien regeln, auf deren Bedeutung für das Kultur- und Wirtschaftsleben der Menschen nicht besonders hingewiesen zu werden braucht.

Aber auch unmittelbar können die Meteoriten von Einfluß auf das menschliche Leben werden. Die gewöhnlichen kosmischen Geschosse freilich, für die unsere Erde bei ihrer Reise durch den Weltenraum als Kugelfang dient, haben bisher kaum nennenswerten Schaden angerichtet, aber wir haben sichere Anzeichen dafür, daß diese himmlischen Ge-

schosse mitunter riesenhafte Abmessungen annehmen und daß ihr Auftreffen auf die Erde mit ungeheuren Explosionen verbunden ist.

In diesem Bändchen wollen wir uns mit all den Fragen beschäftigen, die ein Mensch, der einmal ein solch merkwürdiges Gebilde in der Hand gehalten hat, stellt. Die Sternschnuppen und die Meteore, die bereits in recht großen Höhen verglühen und den Menschen nur einen Lichtgruß senden, wollen wir dabei nur so weit einbegreifen, als sie zu den Meteoriten in Beziehung stehen.

Der *Name „Meteorit"* ist aus dem Griechischen abgeleitet. Er bedeutet etwa: „in der Luft befindlich". In alten Büchern und ältesten Urkunden finden sich oft andere Bezeichnungen für diese Körper, Namen, die meist von Annahmen über die Herkunft oder von den begleitenden Fallerscheinungen abgeleitet worden sind, zum Beispiel: „Aerolithe" = Luftsteine, Uranolithe = Himmelssteine, Mondsteine, Donnersteine. Ja sogar Baethylien = beseelte Steine hat man sie genannt.

I. Fallerscheinungen.

Lichterscheinungen. Das erste Zeichen, mit dem ein Meteorit seine Ankunft auf der Erde kundtut, sind die Licht- und Schallerscheinungen, die seinen Fall begleiten. Die weithin bemerkliche Sichtbarkeit und Hörbarkeit sowie das Erregende dieser Erscheinungen haben bewirkt, daß sehr bald die Menschen ihre Beobachtungen schriftlich niederlegten. Da mehrere Hundert von Meteoritenfällen in den letzten Jahrhunderten beobachtet wurden, füllen die Berichte der Augenzeugen eine sehr umfangreiche Literatur. Viel weniger günstig steht es mit den *bildlichen Darstellungen von Meteoritenfällen.* Da die Meteoriten unangemeldet kommen, ist eine photographische Aufnahme eines Niederfalles noch nicht geglückt. Es liegen nur Zeichnungen vor, die nachträglich nach den Berichten der Augenzeugen entworfen wurden. Abb. 1 gibt den Eindruck eines normalen Meteoritenfalles wieder, desjenigen von Ochansk, Gouv. Perm, Rußland, am

30. 8. 1887, 12 Uhr 30 Min. Eine feurige Masse erschien am Himmel, einen leuchtenden Streifen und Rauchwolken hinter sich lassend, und glitt mit nur schwach geneigter Bahn am Himmel entlang. Nur 2—3 Sekunden war die Erscheinung zu sehen, und nach 2—3 Minuten erklang ein Getöse, als wenn zahlreiche Kanonen abgeschossen würden. Es erübrigt sich, weitere Beispiele von Fallbeobachtungen hier anzuführen. So

Abb. 1. Fall des Meteoriten von Ochansk, Rußland, am 30. VIII. 1887, 12 Uhr 30 Minuten. (Nach Farrington, Meteorites. 1915.)

verschieden die persönliche Note dieser Schilderungen ist, im Wesen sind sie alle gleich dem obigen kurzen Bericht.

Die *Intensität der Lichterscheinungen* wird, wenn der Niedergang bei Tag erfolgt, nicht selten mit der der Sonne verglichen. Bei Nacht werden weite Gebiete oft taghell erleuchtet, so daß man bequem Zeitungsdruckschrift lesen kann. Die leuchtenden Bahnen, die die niedergehenden Meteoriten am Himmel beschreiben, lassen sich oft auf sehr große Erstreckung hin beobachten. So wurde die Bahn des Meteoriten von Bath Furnace, Kentucky, USA., am Abend des 15. Novembers 1902, von sehr vielen Menschen in den

Staaten Louisiana, Mississippi, Alabama, Georgia, Tennessee und Kentucky auf einer Strecke von fast 1000 km (etwa Luftlinie Königsberg—Heidelberg) gesehen.

Der *Anfang der leuchtenden Bahn* ist meist am wenigsten genau festzulegen. Das ist nicht weiter verwunderlich. Nur zufällig sieht gerade einer der Beobachter in die Gegend des Himmelsgewölbes, in der der Meteorit erscheint, während die anderen erst durch die stärkere Lichterscheinung zum Aufblicken veranlaßt werden. Schon in 300 km Höhe wurde die

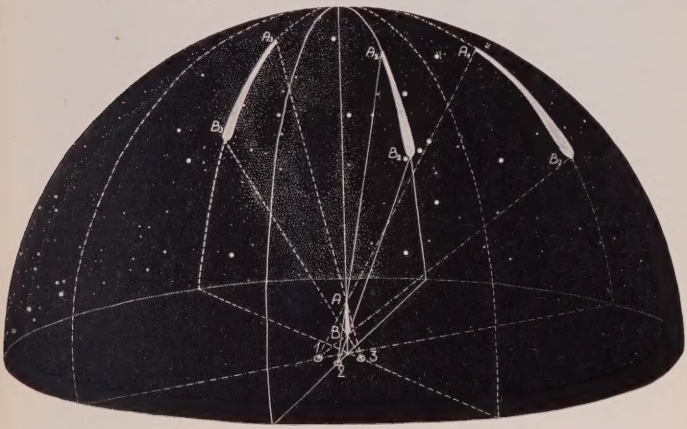

Abb. 2. Wirkliche und scheinbare Bahnen eines Meteoriten.

Bahn des Meteoriten von Pultusk in Polen im Jahre 1868 bemerkt, die des bei Tage niedergefallenen Meteoriten von Treysa in Hessen im Jahre 1916 dagegen erst von ca. 70 bis 90 km Höhe an. Aus zahlreichen Beobachtungen haben die Astronomen die mittlere Höhe der Anfangspunkte von Meteoritenbahnen berechnet, es kommt dafür eine solche von etwa 150 km in Frage.

Die *scheinbare Richtung der Bahnen* am Firmament ist natürlich je nach dem Standort des Beobachters verschieden. An der Hand einer schematischen Skizze (Abb. 2) wollen wir uns die Verhältnisse einmal klarmachen. Die kleine leuch-

tende Bahn *AB* in der Abbildung sei die wirkliche Bahn eines Meteoriten, der senkrecht auf die Erde herabstürzt. Die kleinen Kreise 1, 2, 3 stellen die Standorte von drei verschiedenen Beobachtern dar. Um die Abbildung nicht unübersichtlich zu machen, ist für diese drei Beobachter ein gemeinsames Himmelsgewölbe konstruiert worden, die glockenförmige Halbkugel der Abbildung. Eigentlich müßte für jeden Beobachter ein eigenes Himmelsgewölbe gezeichnet werden, da sie aber verhältnismäßig nahe beieinanderstehen und es hier nur auf das Grundsätzliche ankommt, kann der kleine Fehler vernachlässigt werden. Der waagerechte Kreis, auf dem die Glocke aufsitzt, gibt den ebenfalls für alle drei Beobachter gemeinsam angenommenen Horizont wieder. Auf der rückwärtigen Innenwand der hohlen Halbkugel sind die Milchstraße (fein punktiert) und einige Sternbilder eingetragen, man erkennt etwa den Orion rechts neben der Milchstraße mit seinen drei großen Gürtelsternen bei B_2. Da nun die wirkliche Bahn des Meteoriten sich in nur verhältnismäßig geringer Entfernung von den Beobachtern befindet, im Gegensatz zu dem sehr weit entfernt liegenden Himmelsgewölbe, sehen unsere drei Beobachter die Meteoritenbahn an ganz verschiedenen Stellen des Himmels projiziert. Der Nr. 1 zum Beispiel sieht die Bahn ganz rechts an unserem Himmelsgewölbe von A_1 nach B_1 verlaufen, und zwar liegt sie in einer Schnittebene durch die Hohlkugel, deren Lage durch die beiden Sehstrahlen $1{-}A{-}A_1$ und $1{-}B{-}B_1$ bestimmt ist. Diese Schnittebene ist mit derselben Signatur wie die beiden Sehstrahlen in die Abbildung eingezeichnet. Der Beobachter Nr. 2 dagegen sieht den Meteoriten mitten durch das Sternbild des Orion herabsausen mit dem Ende der Bahn gerade bei den drei Gürtelsternen, $A_2{-}B_2$. Für den Beobachter Nr. 3 schließlich verläuft die scheinbare Bahn schräg durch die Milchstraße von A_3 nach B_3. Aus der Abb. 2 geht auch hervor, wie man im Prinzip aus mehreren beobachteten scheinbaren Meteoritenbahnen die wahre Bahn des Meteoriten konstruieren kann. Offensichtlich schneiden sich die drei betrachteten Kugelschnittebenen $1{-}A_1{-}B_1$, $2{-}A_2{-}B_2$, $3{-}A_3{-}B_3$, in denen jeweils die entsprechenden scheinbaren

Bahnen liegen, in einer Geraden, nämlich *AB*. Diese Schnittlinie ist die wahre Bahn. Die Sehstrahlen nach den Anfangs- resp. Endpunkten der scheinbaren Bahnen schneiden sich auch in zwei entsprechenden Punkten, *A* und *B*, die den Anfangs- und Endpunkt der wahren Bahn darstellen. In der Praxis ist natürlich die Berechnung einer wahren Meteoritenbahn erheblich schwieriger, was schon daraus hervorgeht, daß bei einem so plötzlich eintretenden Ereignis, wie es der Niedergang eines Meteoriten darstellt, die Feststellung der scheinbaren Bahnen mit großen Fehlern behaftet ist.

Am *Ende der sichtbaren Bahn* beobachtet man oft explosionsartige Erscheinungen, wobei der Meteorit vielfach in mehrere Teile zersprengt wird. Den Punkt, in dem diese Explosion erfolgt oder in dem die Lichterscheinung aufhört, nennt man den Hemmungspunkt, eine Bezeichnung, die, wie wir später sehen werden, etwas unglücklich gewählt ist. Die Höhe dieser Bahnenden in der Atmosphäre kann recht verschieden sein. Die nachfolgende kleine Zusammenstellung liefert einige Zahlenwerte, die von den Astronomen berechnet worden sind.

Tabelle 1.

Meteoritenname	Falldatum	Endhöhe
Homestead, USA.	12. 2. 1875	4 km
Krähenberg, Rheinpfalz	5. 5. 1869	8 „
Mocs, Siebenbürgen.	3. 2. 1882	11 „
Braunau, Böhmen.	14. 7. 1847	15 „
Treysa, Hessen	3. 4. 1916	16 „
Orgueil, Frankreich.	14. 5. 1864	23 „
Pultusk, Polen	30. 1. 1868	42 „

Aus diesen Zahlen ist ersichtlich, daß die sichtbaren Bahnen zum Teil bis in die Troposphäre (Lufthülle unter ca. 12 km Höhe) hineinreichen, vielfach jedoch auch schon in recht erheblichen Höhen in der Stratosphäre (Lufthülle über 12 km Höhe) enden.

Die *Farbe der Lichterscheinung* ist verschieden, meist wird weiße, aber auch grünliche, rötliche oder gelbe angegeben.

Sie ist außerdem nicht an allen Stellen der Bahn die gleiche. Das hängt mit der wechselnden Zusammensetzung der Atmosphäre in den verschiedenen Höhen zusammen. Mitunter nimmt auch die Intensität der Lichterscheinung plötzlich zu, wenn der Meteorit in die unteren, dichteren Teile der Atmosphäre eintritt, wo die Reibung natürlich erheblich größer ist als in den sehr dünnen obersten Schichten. So zeigte die gut beobachtete Bahn des schon erwähnten Meteoriten von Pultusk in Polen am Anfang (in etwa 300 km Höhe) große Ähnlichkeit mit der einer Sternschnuppe. Erst in etwa 180 km trat starker Lichtzuwachs und blaugrüne Färbung auf und im untersten Teil der Bahn unter weiterer Intensitätszunahme ein Umschlag der Farbe in Rot.

Die Lichterscheinung geht von einer meist rundlich oder birnenförmig gestalteten *glühenden Gaswolke* aus. Die kommt dadurch zustande, daß der Meteorit beim Eintritt in die Atmosphäre infolge seiner ungeheuren Geschwindigkeit von vielen Kilometern in der Sekunde die Luft zusammenpreßt und zum Glühen bringt. Er selbst wird durch die Reibungswärme an seiner Oberfläche ebenfalls stark erhitzt, so stark, daß selbst die so schwer schmelzenden Substanzen, die ihn zusammensetzen, verflüssigt werden. Das scheint zunächst nicht recht plausibel zu sein, wenn man bedenkt, daß die Atmosphäre in diesen großen Höhen doch außerordentlich dünn ist, und wenn man weiter bedenkt, daß selbst die schnellsten Geschosse, die wir auf der Erdoberfläche durch die hier viel dichtere Luft jagen, keine Lichterscheinungen zeigen. Wir müssen uns jedoch immer vor Augen halten, daß die Eintrittsgeschwindigkeit eines Meteoriten beim Eintritt in die irdische Atmosphäre viel, viel größer ist als die der schnellsten Geschosse, die wir abschießen können. Bei diesen beträgt sie mehrere Hundert Meter in der Sekunde, bei den Meteoriten dagegen viele Kilometer in der Sekunde. Da genügen schon die außerordentlich dünnen Luftschichten der obersten Atmosphäre, um so viel Reibungswärme frei zu machen, daß der Meteorit oberflächlich zum Schmelzen kommt. Aber trotz der glühenden Oberfläche gehen die beobachtbaren Lichterscheinungen nicht von

dieser aus, höchstens im allerersten Teil der Bahn, wo sie mit denen einer Sternschnuppe zu vergleichen sind, sondern von der eben erwähnten glühenden Gaskugel. Dieser Schluß ergibt sich aus dem *Größenverhältnis von Meteorit zu Feuerkugel*, ein Befund, der schon den Alten aufgefallen war. Chladni, ein bekannter Physiker, der erste, der die kosmische Herkunft der Meteoriten in der wissenschaftlichen Welt zur Anerkennung brachte, sagte darüber: „Die Größe der Feuerkugel ist, wie schon Plutarch in dem bey Aegos-Potamos gefallenen Stein richtig bemerkt hat, allemahl weit beträchtlicher gewesen, als das Volumen der hernach niedergefallenen Massen." Wo die Berechnung des Durchmessers der Feuerkugeln nach den Berichten der Augenzeugen möglich war, ergab sich immer, daß mehrere Hundert Meter dafür anzunehmen sind. So führt die vorsichtigste Schätzung bei dem Meteoriten von Pultusk zu 300 m Durchmesser, bei dem Meteoriten von Treysa zur Zeit des größten Glanzes in 50 km Höhe zu 1000 m Durchmesser, der im weiteren Verlauf der Bahn auf etwa 400 m herabging. Dabei ist der größte Durchmesser des Treysaer Meteoriten selbst nur 36 cm!

Die geschmolzenen Partien an der Oberfläche des Meteoriten werden durch die Luft abgestreift und liefern den *leuchtenden Schweif* und nach ihrem Erkalten die *Rauchbahn*. Abspringende Teilchen des Meteoriten bewirken das Auftreten von sprühenden *Funken*.

Schallerscheinungen. Noch eindringlicher und erschrecklicher als diese auffälligen Lichterscheinungen sind *die Schallerscheinungen*, die mit dem Niedergang von Meteoriten verknüpft sind, so furchterregend, daß Menschen vor Schreck hingefallen sind, daß sie schleunigst Reißaus genommen und Deckung in Gebäuden oder unter Bäumen gesucht haben. Ähnlich stark ist der Eindruck auf Tiere. Pferde gehen durch, Hunde ziehen den Schwanz ein und verkriechen sich in äußerste Winkel. Je nach dem Standort des Beobachters ist eine ganze Skala von Geräuschen beobachtet worden, vom donnerartigen Schlag, der die Fenster erzittern ließ, über Kanonendonner, Gewehrfeuer bis zu Geräuschen wie Wagenrollen. Auch brausende und zischende Geräusche sind oft an-

gegeben worden. Dabei ist eine interessante Feststellung gemacht worden. Viele Beobachter geben an, während des Dahingleitens des Meteoriten ein zischendes Geräusch gehört zu haben. Das ist eine psychologische Täuschung. Die Bahn ist so weit von dem Beobachter entfernt, daß ein gleichzeitiges Wahrnehmen der dahinfliegenden Feuerkugel und einer dabei von ihr verursachten Schallerscheinung nicht möglich ist. Die Selbsttäuschung dieser Beobachter beruht wahrscheinlich auf einer unbewußten Erinnerung an diejenigen Gebilde, die mit den Feuerkugeln die größte Ähnlichkeit haben, nämlich mit Raketen. Beim Anschauen eines Feuerwerkes steht man aber nahe genug, um gleichzeitig mit der leuchtenden Kugel das Zischen wahrnehmen zu können. Auch sonst sind Selbsttäuschungen bei fachlich nicht ausgebildeten Beobachtern von Meteoritenfällen gang und gäbe, die Meteoritenforscher können ein Lied davon singen. Besonders über den Ort des Niederfallens werden oft die unhaltbarsten Angaben gemacht. Da soll der Meteorit meistens ganz dicht bei dem Beobachter niedergegangen sein, nur ein paar hundert Meter entfernt oder im nächsten Tal. Am nächsten Tage geht dann der Mann hin auf den Acker oder die Wiese, die er für den Fallort ansieht, findet dort irgendeinen absonderlich aussehenden Stein oder ein Bruchstück einer Pflugschar oder sonst etwas Ähnliches, das seiner Beobachtung bisher entgangen war, und schon ist der Meteorit „gefunden", der in Wirklichkeit vielleicht 10, ja 100 km von dem Platz entfernt niedergegangen ist. Die Ursache dieser Selbsttäuschungen liegt einmal in der Plötzlichkeit und der Eindringlichkeit der Erscheinung und ferner darin, daß irgendwelche Vergleichsmaßstäbe am Himmel fehlen. Mond und Sterne, die vertrauten Bilder am nächtlichen Himmel, ziehen still und mit nur schwachem Lichte ihre Bahn, und wir wissen, daß sie sehr weit entfernt von der Erde sind, da erweckt eine solche mit strahlendem Glanze und donnerndem Getöse einherfahrende Feuerkugel den Eindruck, als wäre sie uns ganz nahe.

Die Schallerscheinungen der niedergehenden Meteoriten sind über sehr große Gebiete hin hörbar. Wo man Nachforschungen angestellt hat, konnte man *Hörbarkeitsgebiete*

von 60 bis 70 km Radius nachweisen. Ganz ähnlich wie bei dem Geschützdonner machen sich mitunter verschiedene Hörzonen bemerkbar, so z. B. bei dem schon erwähnten Meteoritenfall von Treysa, bei dem der innere Hörbereich einen Radius von etwa 60 km hatte, während in 95 und 120 km Entfernung nochmals Schallerscheinungen festgestellt werden konnten, wie die Abb. 3 zeigt.

Die *Entstehung der Schallerscheinungen* hat uns das Experiment klargemacht. Für die Meteoriten dürften dieselben Ursachen maßgebend sein wie für die Schallerscheinungen bei sehr schnell fliegenden Geschossen. Die Abb. 4 gibt eine photographische Momentaufnahme eines sehr schnell fliegenden Infanteriespitzgeschosses während des Fluges wieder. Wir erkennen deutlich, daß von der Spitze des Geschosses eine kegelförmige Schallwelle, die sogenannte *Kopfwelle*, ausgeht, die den donnerartigen Schlag erzeugt. Die Luftwirbel hinter dem Geschoß sowie Reflexion der Schallwellen an Wolken und an der Erdoberfläche bringen dann die mehr rollenden Geräusche verschiedener Art hervor. Die Entstehung eines von vielen Beobachtern gemeldeten maschinengewehrartigen Knatterns erläutert die Abb. 5. Das Geschoß hat hier eine rechts außerhalb des Bildes befindliche Holzplanke durchschlagen und ist dadurch etwas in seiner Bahn abgelenkt worden. Bei dem Durchschlag hat es aber eine Anzahl Holzsplitter losgerissen und ihnen eine erhebliche Geschwindigkeit erteilt. Jeder der Splitter erzeugt nun seine eigene Kopfwelle und diese in ihrer Gesamtheit das knatternde Geräusch. An Stelle der Holzsplitter brauchen wir bei

Abb. 3. Hörbarkeits- und Sichtbarkeitsgebiet beim Meteoritenfall von Treysa, Hessen. Die ausgefüllten Kreise sind Beobachtungen mit Schallwahrnehmungen, die leeren ohne solche. (Nach A. Wegener, Schriften d. Ges. z. Beförd. d. ges. Naturwiss. Marburg 1917.)

den Meteoriten nur kleine, während des Fluges von der Hauptmasse abspringende Splitter anzunehmen und haben dann ganz die gleichen Verhältnisse.

Einwirkungen beim Aufschlag. So sinnfällig und eindrucksvoll die Licht- und Schallerscheinungen auf den Beobachter sind, so erstaunlich gering sind die *Einwirkungen*, die die Meteoriten allermeistens *bei ihrem Aufschlag* auf die

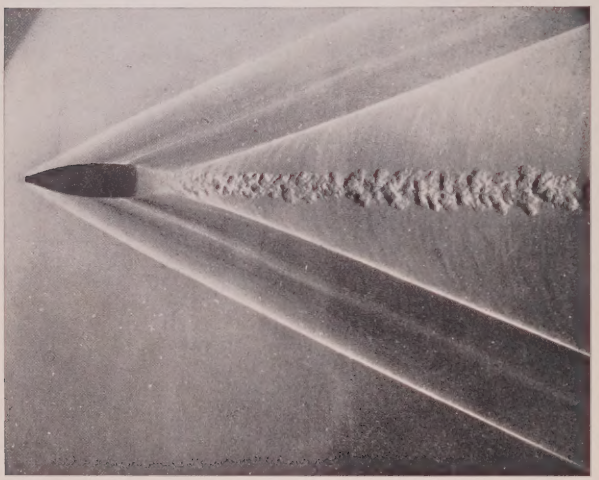

Abb. 4. Kopfwelle eines Infanteriegeschosses. (Nach P. P. Ewald, Kristalle und Röntgenstrahlen. 1929.)

feste Erdoberfläche hervorrufen. Einen Überblick über das Beobachtungsmaterial geben einige in der Tabelle 2 zusammengestellte Beispiele, bei denen außer der Eindringtiefe in den Erdboden auch noch das Gewicht des Meteoriten und die Art des Bodens angeführt sind.

Abb. 6 zeigt die Einschlagstelle des Meteoriten von Bjurböle in Finnland, der in der Tabelle an vorletzter Stelle steht. Er ist einer der größten Meteorsteine (das sind Meteoriten, die im wesentlichen aus steinigem Material aufgebaut sind) überhaupt und schlug auf die Eisdecke einer zugefrorenen

Meeresbucht auf. Wie unauffällig die Einschlagstelle von kleinen Meteoriten ist, zeigt die Abb. 7, die die des Meteoriten von St. Michel I, ebenfalls in Finnland, wiedergibt. Die Löcher sind meist rundlich und gehen senkrecht nach unten

Tabelle 2.

Name des Meteoriten	Gewicht in kg	Eindringtiefe in m	Art des Bodens
Lumpkin, Georgia (USA.) . .	0,4	0,25	Festgetretener Boden eines Hofraumes
Gnadenfrei, Schlesien	1,0	0,30	Lose Ackererde
Ibbenbüren, Westfalen	2,0	0,70	Fußweg
St. Michel I, Finnland	7,0	0,59	10 cm Ackerboden, dar. Moräne
Bandong, Java.	8,0	1,00	Reisfeld
St. Michel II	10,0	0,50	Moräne
Hvittis, Finnland	14,0	0,60	Ackerboden
Tjabé, Java	20,0	0,60	Feld
Braunau, Böhmen.	23,6	1,00	Ackerrain
Mocs, Siebenbürgen	36,0	0,66	Gefroren. Boden
Lancé, Frankreich.	47,0	1,40	Ackerboden
Kernouvé, Frankreich	80,0	1,00	Wiese
Ensisheim, Elsaß	127,0	1,50	—
Treysa, Hessen.	63,28	1,60	$^3/_4$ m lockerer Waldboden u. Lößlehm, 85 cm weicher toniger unterer Buntsandstein
Knyahinya, Tschechoslowak.	234,0	3,30	Feuchte Wiese
Bjurböle, Finnland	330,0	6,00	0,40 m Eis, 0,50 m Wasser, 6,0 m weich. Schlamm und grauer Ton
Paragould, USA.	352,0	2,50	—

oder zeigen geringe Abweichungen von der Lotrechten, das des Meteoriten von Knyahinya z. B. eine solche von 27°. Bei dem Aufprall wurden hier Bodenbrocken bis zu 50 m Entfernung geschleudert. Sehr gering sind auch die Einschlagspuren, die man bei den z. T. viel schwereren Meteoreisen (sie bestehen im wesentlichen aus gediegenem Nickeleisen)

beobachten konnte. So wurde der 60 t schwere Meteorit von der Farm Hoba bei Grootfontein im ehemaligen Deutsch-Südwestafrika, der schwerste bekannte Meteorit überhaupt, nur etwa 1½ m tief in dem mürben Oberflächenkalk eingebettet gefunden. Die bis zu 33 t schweren Meteoreisenblöcke von Cape York in Grönland lagen auf festem Gneisgestein oder kaum eingebettet in Moränenschutt, ohne jede

Abb. 5. Kopfwellen ausgerissener Splitter. (Nach P. P. Ewald.)

Einschlagspur. Hier nimmt man an, daß sie auf eine mächtige Eis- oder Schneedecke fielen und erst nach deren Wegschmelzen an die Fundstelle gelangten.

Das soeben vorgelegte Beobachtungsmaterial, das leicht noch durch zahlreiche weitere Beispiele vermehrt werden könnte, ist in mancher Hinsicht recht verwunderlich. Daß die *Bodenbeschaffenheit* einen Einfluß auf die Aufschlagwirkungen hat, ist natürlich ohne weiteres verständlich. Je

härter der Boden, desto geringer die Einwirkungen. Beim Fall auf harten Felsen werden die Meteoriten, besonders die Meteorsteine, meist völlig zertrümmert, ohne die geringsten Einschlagspuren zu hinterlassen.

Das Verwunderliche dagegen ist, daß zunächst ganz allgemein die Aufschlagwirkungen so gering sind, haben wir doch oben die Bemerkung gemacht, daß die Meteoriten mit Geschwindigkeiten von vielen km/sec in die Erdatmosphäre eintreten, Geschwindigkeiten, die die unserer schnellst

Abb. 6. Einschlagstelle des Meteoriten von Bjurböle, Finnland. (Nach Ramsay, Bull. de la Comm. Géolog. de Finlande, Nr. 12.)

fliegenden Geschosse auf der Erde um vieles übertreffen. Und trotzdem nur Wirkungen, die hinter denen von Blindgängern von Kanonen mittleren Kalibers zurückstehen. Und dann ergibt sich weiter beim Überblicken eines größeren Materials, daß bei gleicher Bodenbeschaffenheit die Intensität der Einwirkung anscheinend nur mit der Masse der Meteoriten zunimmt, bei gleicher Masse also ungefähr gleich groß ist, obwohl die Eintrittsgeschwindigkeit nach den Beobachtungen recht verschieden groß ist. Sie schwankt etwa zwischen 15 und 90 km/sec. Nun, die Ursache für diese Merk-

würdigkeiten ist in dem Vorhandensein der irdischen Atmosphäre begründet, die einen schützenden Panzer gegen die Geschosse aus dem Weltenraum darstellt, trotz ihrer „luftigen" Beschaffenheit. Um diesen Einfluß der Atmosphäre zu verstehen, müssen wir ein paar Kindheitserinnerungen und ein wenig Schulphysik zu Hilfe nehmen. Wir erinnern uns, daß die Einwirkungen, die ein von uns geworfener fester Gegenstand, etwa ein Stein, ausübte, von der Wucht oder, wie der Physiker sagt, von der lebendigen Kraft abhängig war, die er bei seinem Auftreffen in dem Ziel hatte. Wir erinnern uns weiter, daß es kaum möglich war, mit einer Erbse eine Fensterscheibe einzuwerfen, daß dies dagegen leicht gelang, wenn wir statt der Erbse etwa einen nußgroßen Stein mit der gleichen Geschwindigkeit warfen. Die Wucht oder lebendige Kraft hängt also offensichtlich von der Masse des Wurfgeschosses ab. Noch eine andere Abhängigkeit konnten wir feststellen. Warfen wir unseren Stein so langsam als möglich, so gab es vielleicht nur einen Sprung in der Scheibe, gaben wir demselben Stein dagegen die größte Geschwindigkeit, die wir mit unserer Armeskraft erzeugen konnten, so sprang die Scheibe klirrend entzwei. Die Physiker haben nun diese Verhältnisse genauer untersucht und haben gefunden, daß sie sich durch eine ganz einfache Formel darstellen lassen. Wir wollen die lebendige Kraft mit dem Buchstaben E bezeichnen, die Masse mit m und die Geschwindigkeit mit v. Dann besteht zwischen diesen drei Größen die bekannte Beziehung, daß $E = \frac{1}{2} m v^2$. Aus dieser einfachen Formel können wir uns nun mit Leichtigkeit all die Erscheinungen

Abb. 7. Einschlagstelle des Meteoriten von St. Michel, Finnland. (Nach Borgström, Bull. de la Comm. Géolog. de Finlande, Nr. 34.)

ableiten, die uns in qualitativer Hinsicht schon unsere Kindheitserfahrung gelehrt hatte. Verdoppeln wir z. B. die Masse unseres Wurfgeschosses, so ergibt sich aus der Formel, daß auch die lebendige Kraft doppelt so groß wird, wenn die Geschwindigkeit die gleiche bleibt. An Stelle des ursprünglichen Zahlenwertes von m steht ja jetzt ein doppelt so großer, infolgedessen muß auch der Zahlenwert von E doppelt so groß werden. Etwas anderes ist es, wenn wir die Geschwindigkeit verdoppeln. v steht ja in unserer Formel im Quadrat, das heißt, die lebendige Kraft nimmt mit der Geschwindigkeit viel rascher zu als wie mit der Masse. Beträgt z. B. die Geschwindigkeit 10 m/sec, so ist der Zahlenwert für v^2 offensichtlich $10^2 = 100$. Verdoppeln wir die Geschwindigkeit auf 20 m/sec, so ist der Zahlenwert nunmehr nicht etwa 200, sondern $20^2 = 400$. Bei gleichbleibender Masse hat sich also der Wert für E vervierfacht, bei der dreifachen Geschwindigkeit entsprechend verneunfacht usw.

Kehren wir nun zu unseren Meteoriten zurück. Wir hatten gesehen, daß solche von gleicher Masse bei ungefähr gleicher Bodenbeschaffenheit auch ungefähr gleiche Einschlagstiefe erreichen. Das heißt also nach unserer Formel, daß sie auch ungefähr gleiche Geschwindigkeit beim Auftreffen auf dem Erdboden gehabt haben; trotzdem sie gegebenenfalls mit sehr verschiedenen Geschwindigkeiten in die irdische Lufthülle eingetreten sind. Die Atmosphäre bewirkt also nicht nur eine ganz erhebliche allgemeine Abbremsung der Geschwindigkeit der Meteoriten, sondern hat auch eine ausgleichende Wirkung auf die verschieden hohen Eintrittsgeschwindigkeiten. Ein Blick auf die Gesetzmäßigkeiten, die den Luftwiderstand fliegender Körper regeln, läßt uns diesen Einfluß der Atmosphäre verstehen. Die Größe dieses Luftwiderstandes ist außer natürlich von dem Querschnitt, der Form des Körpers und einigen anderen Dingen, die hier nur von nebensächlicherer Bedeutung sind, abhängig von der Geschwindigkeit. Wenn wir bei Windstille im Schritt spazierengehen, merken wir praktisch nichts von dem Widerstand der Luft. Wenn wir aber uns auf ein Motorrad setzen und mit 100 km/st dahinfahren, spüren wir einen starken Druck auf

unseren Körper, der Luftwiderstand ist merklich groß geworden. Und noch eine andere Beobachtung können wir auf dieser Motorradfahrt machen. Um die letzte Geschwindigkeitssteigerung etwa von 90 auf 100 km/st zu erzwingen, müssen wir bedeutend mehr Gas zugeben als etwa bei einer Geschwindigkeitssteigerung von 20 auf 30 km/st. Das ist zwar nur ein grob qualitativer, aber immerhin genügend deutlicher Hinweis dafür, daß der Luftwiderstand nicht einfach mit der Geschwindigkeit zunimmt, sondern — ähnlich wie oben in der Formel für die lebendige Kraft — in viel stärkerem Maße. Untersuchungen haben gezeigt, daß bei hohen und sehr hohen Geschwindigkeiten die Geschwindigkeit mit der 3., ja 4. Potenz in die Formel eingeht. Die Schlußfolgerung, die wir daraus für unsere Meteoriten ziehen, ist daher die, daß solche mit sehr hoher Eintrittsgeschwindigkeit in viel stärkerem Maße durch die Atmosphäre abgebremst werden als die mit geringerer. Der durch seine Untersuchungen über Sternschnuppen und Meteore bekannt gewordene italienische Astronom Schiaparelli hat eine Berechnung über die Geschwindigkeitsabnahme der Meteoriten in der Luft durchgeführt, und sie ergab, daß zwei Meteoriten von der gleichen Dichte 3,5 und dem gleichen Durchmesser von 4 cm sowohl bei 72 wie bei 16 km/sec Eintrittsgeschwindigkeit in einer Höhe, in der der Luftdruck etwa 11½ mm beträgt (das ist der Fall in etwa 25—30 km Höhe), auf die gleiche Geschwindigkeit von nur 0,5 km/sec abgebremst werden. In den nachfolgenden beiden Tabellen 3 und 4 ist dieser sehr interessante Befund zahlenmäßig wiedergegeben.

Noch einen anderen Punkt müssen wir berücksichtigen. Aus den Zahlen der beiden Tabellen haben wir gesehen, wie die Geschwindigkeiten der Meteoriten bei ihrem Fluge durch die Luft abnimmt. Nach unseren obigen Darlegungen über den Luftwiderstand nimmt aber auch dieser mit der Geschwindigkeit ab, nur viel rascher als diese. Das bedeutet aber, daß an einer bestimmten Stelle der Bahn schließlich der Luftwiderstand — schematisch gesprochen — die ebenfalls, aber langsamer abnehmende lebendige Kraft mit seinem

Zahlenwert einholt und gleich dieser wird. An diesem Punkt seiner Bahn ist gewissermaßen die Energie des Meteoriten, die er aus dem Weltall mitbrachte, aufgezehrt, er setzt nunmehr seine Bahn mit gleichförmiger, nicht mehr abnehmender Geschwindigkeit fort. Wie oben erwähnt, bezeichnet man den Punkt als „*Hemmungspunkt*", eine unglückliche Bezeichnung insofern, als sie leicht zu der Annahme verführt, als stände der Meteorit hier einen Augenblick still. Diese gleichförmige Endgeschwindigkeit, mit der nun der Meteorit

Tabelle 3.

Anfangsgeschwindigkeit 72000 m/sek.	
Übrigbleibende Geschwindigkeit m/sek.	bei einem Luftdruck von mm
72000	0,0000
60000	0,0005
48000	0,0013
36000	0,0031
24000	0,0082
12000	0,0358
8000	0,0816
4000	0,3151
2000	1,2489
1000	4,3182
500	11,6388

Tabelle 4.

Anfangsgeschwindigkeit 16000 m/sek.	
Übrigbleibende Geschwindigkeit m/sek.	bei einem Luftdruck von mm
16000	0,0000
14000	0,0064
12000	0,0162
10000	0,0322
8000	0,0620
6000	0,1280
4000	0,3055
2000	1,2293
1000	4,2986
500	11,6192

zur Erde niederfällt, ist, verglichen mit seiner Eintrittsgeschwindigkeit, außerordentlich gering, so gering, daß sie nicht mehr ausreicht, eine glühende Gaswolke zu erzeugen oder den Meteoriten durch Reibung oberflächlich zum Glühen zu bringen. Die Lichterscheinungen hören daher in dem Hemmungspunkt auf. Beobachter, die sich nahe genug bei der Niedergangsstelle von Meteoriten befanden, sahen diese als dunkle Körper vom Himmel fallen.

Die Berechnungen von Schiaparelli konnten bestätigt werden an solchen Fällen, bei denen man aus der Beschaffenheit der Einschlagstellen nach den Erfahrungen der Artilleristen auf die Auftreffgeschwindigkeit rückschließen konnte. So wurde für die Meteoriten von Middlesbrough in England

126, Shelbourne in Kanada 157, St. Michel II in Finnland 169, Hvittis ebenfalls in Finnland 178 und St. Michel I 213 m/sec Endgeschwindigkeit berechnet.

Eine Einschränkung wollen wir aber schon jetzt zu all diesen Überlegungen und Berechnungen machen. Sie gelten nur für Meteoriten von der Masse, wie wir sie bis jetzt auf der Erde aufgefunden haben. Für extrem große Meteoriten ändern sich die Verhältnisse in quantitativer Hinsicht sehr erheblich. In dem Abschnitt über die Riesenmeteoriten werden wir darauf näher eingehen.

Noch in einer anderen Hinsicht verhalten sich die Meteoriten anders, als man nach den Erscheinungen in der Luft annehmen möchte. Wie wir gesehen haben, wird durch die Reibung die Oberfläche der Meteoriten bis zum Schmelzen erhitzt. Die *Hauptmasse wird* bei diesem Vorgang jedoch *keinesfalls irgendwie erheblich erwärmt.* Das zeigt einmal die unmittelbare Beobachtung. Meteorsteine, die sofort nach dem Fall aufgelesen wurden, erwiesen sich in vielen Fällen höchstens als lauwarm. Einige von ihnen fielen in Heuhaufen oder in Scheunen, ohne in dem leicht brennbaren Material Brände zu erzeugen. Auch sonst sind an den Einschlagstellen keine Brandspuren festzustellen, nur bei dem Meteorit von Alfianello (Italien) wird angegeben, daß das Gras etwas angesengt war. Von den Meteoreisen wird mitunter berichtet, daß sie noch heiß gewesen sind. So soll das Meteoreisen von Braunau (Böhmen) 6 Stunden nach seinem Fall noch zu heiß zum Anfassen gewesen sein. Ein anderer Block desselben Eisens hatte jedoch Stroh vom Estrich des Hauses, in das er einschlug, nicht merklich versengt. Aber auch von Meteoreisen ist bisher niemals ein Brand verursacht worden. Weiterhin haben wir in dem inneren Aufbau oder der Struktur der Meteoriten einen recht empfindlichen Nachweis dafür, ob ein Meteorit als Ganzes nach seiner Bildung nochmals stark erhitzt worden ist. Bei weitaus den meisten ergibt sich, daß eine Erhitzung des Gesamtmeteoriten bei seinem Fluge durch die Atmosphäre nicht in erheblichem Maße stattgefunden hat, zum mindesten nicht bis in die Nähe der Schmelztemperatur. Wo man Einwirkungen feststellen konnte, ist die

dadurch hervorgerufene „Brandzone“ (s. u.) nur wenige Millimeter mächtig. Die Ursache ist darin zu suchen, daß die Erhitzung sehr schnell und nur sehr kurze Zeit erfolgt. Die Wärme hat nicht genug Zeit, um sich im Innern des Meteoriten auszubreiten, da ja die Erhitzung nur wenige Sekunden dauert. Trotzdem scheint der Befund wenigstens für die Meteoreisen verwunderlich, wissen wir doch alle aus praktischer Erfahrung, ein wie guter Wärmeleiter das Eisen ist. Das Experiment bestätigt jedoch den Befund. Wenn man nämlich eine etwa kopfgroße Eisenkugel für einige Sekunden der vollen Flamme eines Azetylengebläses aussetzt, so gelingt es vielleicht, die Oberfläche zum Schmelzen zu bringen, im Innern bleibt die Kugel jedoch kalt. Im letzten Teil seiner Bahn, in dem sich der Meteorit mit gleichförmiger und verhältnismäßig geringer Geschwindigkeit bewegt, wirkt die Luft nur als Kühlungsmittel, ähnlich wie bei Flugzeug- oder Automotoren, so daß auch die äußerste, geschmolzene Schicht genügend stark abgekühlt wird, bis der Meteorit auf der Erdoberfläche ankommt.

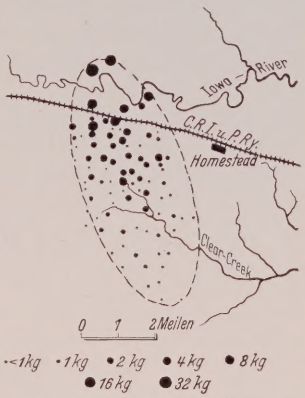

Abb. 8. Fallgebiet des Meteoritenschauers von Homestead. (Nach Farrington.)

Meteoritenschauer. Diese verhältnismäßig geringen Einschlagwirkungen werden auch nicht wesentlich vergrößert, wenn bei einem Meteoritenfall nicht nur ein Projektil, wie es meistens der Fall ist, sondern eine mehr oder weniger große Anzahl auftritt. Man spricht dann von *Meteoritenschauern oder Meteoritenschwärmen.* Die Zahl der Meteoriten in solchen Schauern ist sehr verschieden. Von 2—3 Stück steigt sie über 20—40 bis zu vielen Tausenden. Sie wird bei dem Meteoritenschauer von L'Aigle (Frankreich) auf 2000—3000, bei dem von Holbrook (Arizona, USA.) auf 14000, bei dem

von Mocs (Siebenbürgen) auf 3000, von anderer Seite sogar auf ca. 100 000, bei dem von Pultusk (Polen) auf ebenfalls ca. 100 000 Stücke geschätzt. Die hier angeführten Fälle lieferten Meteorsteine. Bei den Meteoreisen sind die Schauer seltener und von geringerer Stückzahl, auch ist der Niedergang eines solchen Eisenhagels noch nicht beobachtet worden. Zu den Schauern sind zu rechnen die Funde von Mukerop (Südwestafrika), von dem über 50 zum Teil recht große Blöcke gefunden wurden. Auch die in Sammlungen weitverbreiteten Meteoreisen von Toluca (Mexiko) und die von Coahuila (Mexiko) stellen Meteoreisenschauer dar.

Tabelle 5.

Fallort und -zeit	Abmessung des Fallgebietes	Zahl der Einzelstücke	Gesamtgewicht
Holbrook, Arizona (USA.) 19. 7. 1912	4,5×0,9 km	ca. 14 000	ca. 218 kg
Pultusk, Polen 30. 1. 1868	8×1,5 km	ca. 100 000	—
Homestead, Iowa (USA.) 12. 2. 1875.	10×5 km	über 100	„ 230 „
L'Aigle, Frankreich 26. 4. 1803.	12×4 km	2000—3000	„ 40 „
Stannern, Mähren 22. 5. 1808.	13×4,5 km	200—300	„ 52 „
Mocs, Siebenbürgen 3. 2. 1812	14,5×3 km	über 3000	„ 300 „
Knyahinya, Tschechoslowakei 9. 6. 1868.	14,5×4,5 km	über 1000	„ 500 „
Heßle, Schweden 1. 1. 1869	16×4,5 km	—	„ 23 „
Khaipur, Indien 23. 9. 1873	25×4,5 km	viele Steine	—

Die Verteilung der niedergefallenen Meteoriten eines Schauers erfolgt meistens über ein elliptisch begrenztes Gebiet, wie es die Abb. 8 für den Meteoritenschauer von Homestead (Iowa, USA.) schön zeigt. Die Längsachse der Ellipse ist etwa 10 km lang, die Querachse etwa 5 km. In der Luft bewegte sich der Schauer von Süd nach Nord. Gemäß der oben erörterten Formel über die lebendige Kraft müssen bei schrägem Einfall die schwereren Stücke eines solchen Schauers etwas weiter fliegen als die leichteren, da die lebendige Kraft der erstgenannten ja infolge ihrer größeren Masse

etwas größer ist. Dementsprechend finden sich an dem Nordende der Ellipse von Homestead die größten Einzelstücke. Es wurden insgesamt über 100 Meteorsteine gefunden, von denen der schwerste etwa 32 kg wog. In der Tabelle 5 sind eine Anzahl Meteoritenschauer zusammengestellt mit den Abmessungen ihres Fallgebietes, ihrer Stückzahl und ihrem Gesamtgewicht.

Aus der Oberflächenbeschaffenheit (man vergleiche darüber den Abschnitt auf S. 71) der einzelnen Stücke eines solchen Schauers ergibt sich, daß man bei einigen Meteoritenschauern annehmen muß, daß sie schon als solche in die Atmosphäre eingetreten sind. Bei anderen zeigt das Auftreten von verschieden stark abgeschmolzenen Flächen der einzelnen Meteoriten, daß sie mindestens zum Teil erst durch Zerspringen größerer Stücke in der Atmosphäre zustande kommen.

Meteoritenkrater. Die bisherigen Darlegungen haben uns gezeigt, daß die Einschlagswirkungen der Meteoriten von der Größe, wie wir sie auf der Erde kennen, erstaunlich geringfügig sind. Nun kennen wir auf der Erdoberfläche eine Anzahl höchst merkwürdiger Bildungen von kraterähnlichem Bau[1]. Diese Bildungen sind einander zum Teil recht ähnlich, und einige von ihnen sind sehr gut untersucht worden. Das Ergebnis dieser Untersuchungen war nun das, daß wenigstens eine Anzahl von ihnen nur als Aufschlagstellen von Meteoriten gedeutet werden können, Aufschlagstellen, die in ihren Ausmaßen all das bisher Bekannte ganz gewaltig übertreffen. Man hat diese Krater *„Meteoritenkrater"* genannt. Die ungeheuren Ausmaße setzen das Aufprallen von Meteoriten von so gewaltigen Abmessungen voraus, wie sie uns auf der Erde bisher nicht bekannt sind. Das Problem ihrer Entstehung wird daher von einem Spezialproblem unserer Wissenschaft zu einem solchen von sehr allgemeiner Bedeutung herausgehoben. Ginge nämlich ein solcher Riesenmeteorit jetzt in einer dichtbesiedelten Gegend nieder, so

[1] Als Krater werden in der Geologie die Ausbruchstellen der Vulkane bezeichnet. Näheres darüber in dem Bändchen dieser Sammlung: Bau der Erde, von W. v. Seidlitz.

würde dies zu einer Katastrophe von ungeahntem Ausmaße führen. Suchte er sich eine unserer Weltstädte, wie Berlin, Paris oder London, als Aufschlagstelle aus, so würde von diesen und all ihren Bewohnern wahrscheinlich nichts übrigbleiben.

Lange Zeit war nur ein einziger dieser Meteoritenkrater, der von Arizona, USA., bekannt, und gerade wegen dieser Einzigartigkeit wurden immer wieder Zweifel an seiner meteoritischen Natur geäußert. In den letzten Jahren sind jedoch noch weitere neun solcher Krater entdeckt worden, für

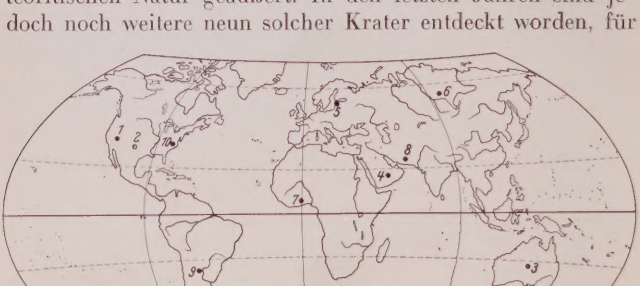

Abb. 9. Geographische Verteilung der „Meteoritenkrater". Die Ziffern sind im Text erläutert.

die zum Teil mit Sicherheit, zum Teil immerhin mit Wahrscheinlichkeit anzunehmen ist, daß sie die Einschlagstellen riesiger Meteoriten sind, und vor einer Reihe von Jahren hat uns die Natur den wenig angenehmen Gefallen getan, den Niedergang eines solchen Riesenmeteoriten in Sibirien uns ad oculos zu demonstrieren. An der Tatsache, daß Meteoriten von ganz anderen Abmessungen und mit ganz anderen Geschwindigkeiten, als wie wir sie sonst beobachten können, gelegentlich auf die Erde auftreffen, ist also nicht mehr zu zweifeln, obwohl man bis jetzt noch in keinem Falle ein Projektil, das diese Riesenlöcher schlug, aufgefunden hat, eine weitere höchst bemerkenswerte Eigentümlichkeit der Meteoritenkrater, auf die wir noch zu sprechen kommen werden.

Das Kärtchen der Abb. 9 zeigt die Örtlichkeiten der bisher bekanntgewordenen Krater, für die die meteoritische Natur sicher ist oder angenommen wird. Auf die Ziffern wird weiterhin im Text Bezug genommen. Das Kärtchen zeigt, daß die Krater bis auf wenige in wüsten, unbewohnten Gegenden liegen.

Der am längsten bekannte und am besten untersuchte Me-

Abb. 10. Meteoritenkrater von Cañon Diablo, Arizona. Luftbild. (Nach einem Diapositiv der Fa. C. Zeiss.)

teoritenkrater ist der von *Cañon Diablo* in Arizona, USA. (Nr. 1 der Karte). Abb. 10 zeigt in der unteren Hälfte eine Fliegeraufnahme des Gebildes. Der Krater liegt in einem völlig ebenen, wüstenartigen Gebiete, das an der Oberfläche aus Kalkstein, in größerer Tiefe aus weißem und rotem Sandstein aufgebaut ist. Sein fast kreisförmiger Umriß hat rund 1200 m Durchmesser, die Tiefe von der Wallkrone aus beträgt jetzt 174 m. Die Abmessungen werden sinnfällig

durch das Bild der Stadt Jena in der oberen Hälfte der Abb. 10, in das der Umriß des Kraters in gleichem Maßstab eingezeichnet ist. Der Rundwall wird teils von etwas aufgebogenen Gesteinsschichten und teils von lockerem, zertrümmertem Material aus dem Kraterloch gebildet. Diese Trümmer schwanken von der Größe eines Staubkornes bis zu der von Blöcken von etwa 4000 t Gewicht. Die Abb. 11 gibt einen solchen großen Block wieder, das mitabgebildete Pferd macht die riesigen Abmessungen sinnfällig. Den inneren Aufbau des Kraters zeigt die Abb. 12. Der Sandstein unter dem Kraterboden ist bis in größere Tiefen völlig zermürbt, schon durch den Druck der Hand zerfällt er in Staub. Zum Teil ist er auch gefrittet und angeschmolzen. In noch größerer Tiefe jedoch liegen die Sandsteinschichten wieder völlig ungestört, ein Befund von großer Wichtigkeit. Der Kraterboden selbst

Abb. 11. Meteoritenkrater von Cañon Diablo. Herausgeschleuderter Kalksteinblock. (Nach Aufnahmen der U. S. Geolog. Survey.)

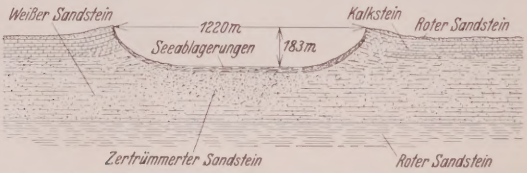

Abb. 12. Querschnitt durch den Meteoritenkrater von Cañon Diablo. (Nach Nat. Geogr. Mag. 1928.)

wird von den Ablagerungen eines kleinen, jetzt ausgetrockneten Sees gebildet. Er ist vollkommen eben und bedeckt ein Gebiet von ungefähr 12 ha. Die Seeablagerungen erreichen eine Mächtigkeit von 27 m.

Über das *Alter des Meteoritenkraters* kann keine genaue

Angabe gemacht werden. Eine Zeder, die auf seinem Walle wuchs, hatte ein Alter von 700 Jahren, der Krater ist mithin älter. Aus dem Grade der Verwitterung des Kalksteines hat man geschlossen, daß der Krater nicht älter als 5000 Jahre ist. Es ist möglich, daß der Niedergang des Riesenmeteoriten von den eingeborenen Indianern erlebt worden ist. Drei von ihren Legenden beschäftigen sich mit ihm. Danach soll einer ihrer Götter unter Blitz und Donner vom Himmel herniedergefahren sein und sich selbst an dieser Stelle begraben haben. Auch heute noch ist dem rechtgläubigen Indianer der Besuch des Meteoritenkraters verboten, er ist ihm ein „Tabu", und es ist bezeichnend, daß bei der Suche nach Meteoreisen in der Umgebung des Kraters sich die Indianer nicht beteiligt haben.

Wo steckt nun aber das Riesenprojektil, das das Loch geschlagen hat? In der näheren Umgebung des Kraters, aber nicht in ihm selbst, hatte man schon seit langer Zeit große Mengen von Meteoreisen gefunden, insgesamt schätzungsweise 15—20 t. Die Meteoreisenklumpen liegen untermengt mit dem aus dem Krater herausgeworfenen irdischen Material. Das Kärtchen der Abb. 13 gibt außer dem genaueren Lageplan des Kraters auch noch die Fundstellen der Meteoreisen um ihn herum wieder. Mit dem gediegenen Nickeleisen findet man noch große Mengen eines festen, rostbraunen Materials, das im wesentlichen aus den Oxyden von Eisen und Nickel, gemischt mit etwas kalkigen und anderen irdischen Bestandteilen, besteht. Wegen der häufig schichtigen Beschaffenheit haben die Amerikaner dieses Material „iron shale" = Eisenschiefer genannt. Früher nahm man an, daß es sich dabei um Verwitterungsreste des anstehenden Kalksteins handele, aber die chemische Zusammensetzung und Fundstücke, wie sie die Abb. 14 wiedergibt, beweisen, daß dieser „iron shale" in engster genetischer Beziehung zu dem Meteoreisen steht. Bei dem abgebildeten Stück wird der Kern von gediegenem Meteoreisen, die schalige Randpartie dagegen von „iron shale" gebildet. Da das Cañon-Diablo-Eisen sehr widerstandsfähig gegen Verwitterung ist und auch viele Meteoreisenblöcke ohne diese Rinde gefunden worden sind,

kann das oxydierte Material auch kein Verwitterungsprodukt sein, sondern es wurde wahrscheinlich bei dem Niedergang des Riesenmeteoriten gebildet. Es ist in dieser Hinsicht bezeichnend, daß sich der „iron shale" bei allen sicheren Meteoritenkratern wiederfindet, während er bei den gewöhnlichen, auf der Erde gefundenen Meteoreisen sich nur auf dem allerschwersten findet.

Aber auch, wenn wir all dieses meteoritische Material zusammenrechnen, so reichen die paar Tonnen natürlich bei

Abb. 13. Lageplan des Meteoritenkraters von Cañon Diablo. 1 = Cañon Diablo-Station; 2 = Sunshine-Station; 3 = Cañon Diablo; 4 = Meteoritenkrater. Die Punkte und kleinen Kreise geben die Fundstellen von Meteoreisen und „iron shale" wieder. Die großen Kreise sind mit Radien von 1—6 englischen Meilen um den Krater als Mittelpunkt geschlagen. (Nach Nat. Geogr. Mag. 1928.)

weitem nicht aus, um das Riesenloch zu schlagen. Nach dem Urteil von artilleristischen Sachverständigen ist dazu ein Projektil von ca. 150 m Durchmesser und von über 10 Millionen Tonnen Gewicht notwendig. Wenn es also noch in der Tiefe vorhanden wäre, so läge an dieser Stelle neben Millionen Tonnen von gediegenem Eisen noch ein Vorrat von Hunderttausenden von Tonnen Nickel, ferner Kobalt und Platin-

metalle in ebenfalls beträchtlicher Menge, ein nicht nur in wissenschaftlicher, sondern auch wirtschaftlicher Hinsicht höchst wertvolles Objekt! Wirtschaftliche Gesichtspunkte waren es auch, die eine sehr eingehende und kostspielige bergmännische Untersuchung des Kraters veranlaßten. Etwa 30 Bohrungen und Versuchsschächte, zum Teil bis in erhebliche Tiefen, wurden auf dem Kraterboden niedergebracht. Sie haben unsere Kenntnis von dem Bau des Kraters außer-

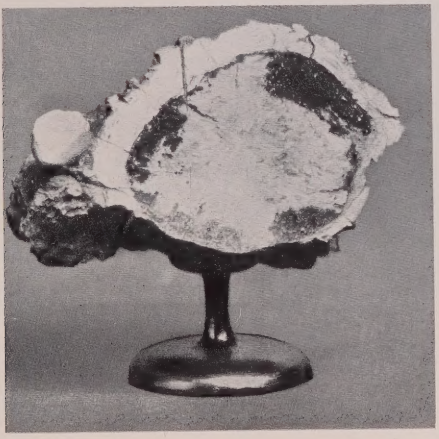

Abb. 14. Meteoreisen mit „iron shale" von Cañon Diablo. (Nach Merrill, U. S. Nation. Mus. Bull. 94.)

ordentlich vervollständigt — die Abb. 12 gibt einen auf diesen Untersuchungsergebnissen beruhenden Querschnitt wieder —, aber zur Auffindung des Riesenmeteoriten führten sie nicht. Nach diesem Mißerfolg wurde angenommen, daß der Meteorit schräg von Süden nach Norden aufgetroffen sei und nicht unter dem Kraterboden, sondern unter dem nördlichen Kraterwall sitze. Ein neues Bohrloch wurde an dieser Stelle angesetzt, traf in der Tiefe etwas iron shale, und in 420 m Tiefe blieb der Bohrer stecken. Eine neue Gesellschaft wurde gegründet, und außerhalb des Kraters begann man mutig

gleich einen Schacht abzuteufen, um den vermuteten Meteoriten in der Tiefe zu packen. Als man jedoch etwa 200 m tief gekommen war, ersoff der Schacht. Damit fanden die Aufschlußarbeiten, deren letzter Teil allein rund eine Million Mark gekostet hatte, vorläufig ihren Abschluß. In allerletzter Zeit scheint man die Arbeiten wieder aufnehmen zu wollen. Wir werden später sehen, daß die Auffindung des Meteoriten in seiner Gesamtheit sehr unwahrscheinlich ist.

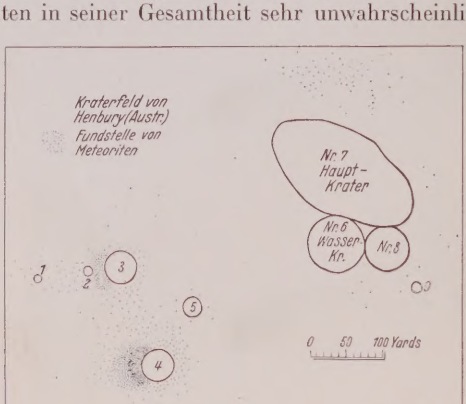

Abb. 15. Kraterfeld von Henbury, Australien. (Nach Alderman, Min. Mag. 1932.)

All diese Aufschlußarbeiten haben aber das Ergebnis gehabt, daß man mit Sicherheit sagen kann, daß dieser Krater von dem Aufschlag eines Meteoriten herrührt. Die Art der Gesteine — wir finden nur Sedimentgesteine, keine Spur eines Eruptivgesteins —, die ungestörte Lagerung dieser Sedimentschichten in der Tiefe, das Auftreten von gefrittetem Sandstein und die Vermengung reichlichen meteoritischen Materials mit den Gesteinstrümmern auf dem Kraterwall schließen es aus, daß wir es etwa mit einem vulkanischen Gebilde, vergleichbar etwa einem Eifelmaar, zu tun haben.

Auch eine Dolinenbildung[1] oder ein aus größerer Tiefe durch geologische Kräfte emporgepreßter Salzstock oder schließlich eine Explosion von Erdgasen kommen aus den erwähnten Gründen nicht in Betracht.

Noch war der Meinungskampf über die Natur des Kraters von Cañon Diablo in vollem Gange, als 1928 ein neues derartiges Gebilde bei *Odessa* in Texas, USA. (Nr. 2 auf der Übersichtskarte), entdeckt wurde. Dieser Krater ist zwar wesentlich kleiner (161 m Durchmesser, 5½ m Tiefe von der Wallkrone), aber sonst dem von Arizona durchaus gleich. Auch hier wurde außerhalb des Kraters Meteoreisen und sehr viel „iron shale" gefunden. Die nähere Untersuchung steht

Abb. 16. Innenansicht des Hauptkraters von Henbury. (Nach Alderman.)

noch aus. Äußerliche Anzeichen für das Vorhandensein eines Riesenprojektils konnten bisher nicht gefunden werden.

Und nun folgten in schneller Folge weitere Entdeckungen. 1930 fand man in *Henbury*, Zentral-Australien (Nr. 3 der Karte), sogar ein ganzes Kraterfeld von insgesamt 13 Kratern. Abb. 15 zeigt die Größe, Form und Verteilung der Krater. Der größte (Nr. 7, „Main Crater") hat einen ovalen Grundriß mit Durchmessern von 198 und 108 m, die Tiefe von der Wallkrone aus beträgt 15—18 m. Seine Innenansicht gibt die Abb. 16 wieder. Auch in Henbury wurden zahlreiche Meteoreisen — mehrere hundert Kilogramm — außerhalb der Krater sowie auch „iron shale" gefunden. Die Fundstellen

[1] Dolinen sind Erdeinbrüche, die durch das Weglösen von Gestein, etwa Kalkstein, in der Tiefe entstehen.

eines Teiles der Meteoreisen sind auf der Karte, Abb. 15, durch Punkte angedeutet. Sie haben vielfach eine sehr merkwürdige Form, siehe die Abb. 17, und zwar sehen sie aus, als wären sie die zerfetzten Stücke eines größeren Körpers. Die Gesteinsschichten, in die die Krater eingeschlagen wurden, bestehen aus Sandstein und Schiefer. Auch hier wurden Stücke von verglastem oder vollständig eingeschmolzenem Sandstein gefunden, Abb. 18 zeigt eine Probe davon. Vor kurzem wurde das schwer erreichbare Kraterfeld erneut besucht und dabei der kleinste Krater (Nr. 13) ausgegraben. Er hat 9 m Durchmesser und in etwa 2 m Tiefe fand man vier durch „iron shale" verkittete Meteoreisen von nur rund 200 kg Gesamtgewicht, den letzten Rest des viel größeren Projektils, das den Krater geschlagen hat. Nachgrabungen und flache Bohrungen in zwei der anderen Krater hatten keinen Erfolg.

Abb. 17. Fetziges Meteoreisenstück von Henbury.

Über das *Alter dieser Krater* läßt sich nichts Sicheres aussagen. Bezeichnend ist auch hier, daß die australischen Eingeborenen nicht in dem näheren Umkreis der Örtlichkeit lagern. Sie nennen sie „Chindu chinna waru chingi yabu", was etwa bedeutet: Sonne — Bahn — Feuer — Teufel — Stein. Es scheint also auch hier der Niedergang des Riesenmeteoriten erst zur Zeit des Menschen erfolgt zu sein.

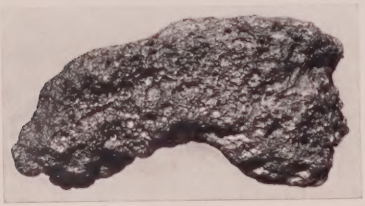

Abb. 18. Eingeschmolzener Sandstein von Henbury.

Ein ähnliches Kraterfeld wie das von Henbury entdeckte 1932 der Engländer Philby bei *Warbar* in der Wüste „Rub

al Khali" in Südarabien (Nr. 4 der Karte). Philby war ausgezogen, um die Ruinen der sagenhaften Stadt „Ad ibn Kin" zu entdecken, die in den Legenden der Araber eine große Rolle spielt und die, ähnlich wie Sodom und Gomorrha, wegen der Gottlosigkeit ihres Königs durch Feuer vom Himmel zerstört worden sein sollte. Er fand an ihrer Stelle mehrere kraterartige Gebilde, deren fremdartiges Aussehen mitten in

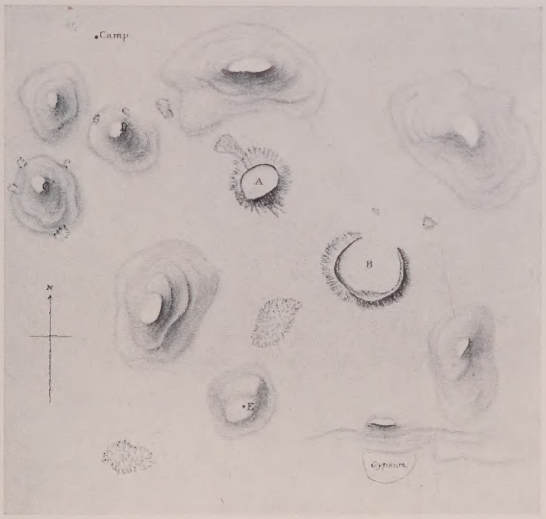

Abb. 19. Kraterfeld von Warbar, Arabien. (Nach Philby, Geogr. Journ. 1933.)

der Sandwüste wahrscheinlich zu jenen Legenden Anlaß gegeben hatte. Abb. 19 gibt den Lageplan, Abb. 20 die Ansicht eines der Krater wieder. Zur Zeit seines Besuches waren zwei Krater (*A* und *B* der Abb. 19) zu sehen, zwei andere (*C*, *D*) waren unter dem Wüstensand begraben. Wahrscheinlich sind noch weitere Krater unter dem Sand versteckt. Die Krater von Warbar sind dadurch ausgezeichnet, daß sie in großer Menge Kieselglas führen. Dies ist zum Teil bimsstein- bis schlackenartig ausgebildet, ähnlich dem in Abb. 18 wieder-

gegebenen Kieselglas von Henbury, zum Teil hat es die Form von rundlichen Bomben, die einen bimssteinartigen Kern haben und außen von einer Schicht blasenfreien, schwarzen Kieselglases, das eisen- und nickelhaltig ist, überzogen sind. Außerdem treten noch in großer Menge schwarze Glasperlen auf. In der Umgebung der Krater wurde ein Meteoreisen und etwas „iron shale" gefunden. Der Durchmesser des größten Kraters beträgt rund 100 m, die Tiefe etwa 10½ m. Die arabischen Begleiter Philbys waren nicht zu überzeugen, daß es sich bei den schwarzen perlenartigen Gebilden um natürliche Glasperlen handele. Sie hielten sie für die Perlen der Haremsfrauen des sagenhaften, durch das himmlische Feuer

Abb. 20. Ansicht eines Kraters von Warbar. (Nach Philby.)

umgekommenen Königs und stopften ihre Satteltaschen damit zum Platzen voll. Auf dem Markte zu Mekka mußten sie später zu ihrem Leidwesen erfahren, daß es keine echten Perlen sind.

Während die meteoritische Natur der eben genannten Krater Nr. 1—4 außer Zweifel steht, ist dieser Nachweis für die nun zu beschreibenden nicht mit derselben Sicherheit möglich. An diesen Kratern ist bemerkenswert, daß man an keinem auch nur eine Spur meteoritischen Materials gefunden hat, auch keinen „iron shale" oder eingeschmolzenes Gestein. Man ist darauf gekommen, sie als Meteoritenkrater anzusehen, weil alle anderen Erklärungsmöglichkeiten noch unwahrscheinlicher sind.

Als erstes dieser Gebilde wäre das einzige in Europa vorkommende zu erwähnen, das schon lange bekannte Kraterfeld auf der *Insel Ösel* im Rigaischen Meerbusen (Nr. 5

der Karte). Abb. 21 zeigt die Verteilung der Krater. Der Hauptkrater liegt bei dem Gute Sall und erreicht bei 110 m größtem Durchmesser eine Tiefe von 14—16 m von der Wallkrone aus. Er wird von einem kleinen Kratersee ausgefüllt. Neuere eingehende Untersuchungen haben gezeigt, daß für ihn und die neun kleineren und undeutlicheren Krater die meteoritische Entstehung immerhin die wahr-

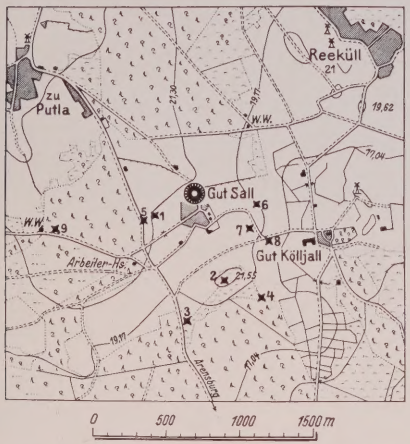

Abb. 21. Kraterfeld von Ösel. Die kleinen Krater sind durch die Kreuze Nr. 1—9 bezeichnet. (Nach Kraus, Meyer und Wegener, Gerl. Beitr. z. Geophys. 1928.)

scheinlichste ist. Über das Alter dieser Gebilde ist nichts bekannt.

Ebenfalls noch umstritten ist ein Kraterfeld in der *sibirischen Taiga* (Nr. 6 der Karte), das von dem russischen Forscher Kulik als Aufschlagstelle des schon obenerwähnten Riesenmeteoriten angesehen wird. Das Kärtchen der Abb. 22 orientiert über die genauere geographische Lage des Feldes. Daß in der dortigen Gegend ein riesiger Meteorit niedergegangen ist, dürfte nach anderen Beobachtungen wohl sicher sein. Am Morgen des 30. Juli 1908 gegen 6 Uhr sahen die Reisenden der Transsibirischen Eisenbahn in Kansk einen

Meteor etwa von Sonnengröße am Himmel entlang fahren. Nach dem Niedergang hinter dem Horizont im Norden hörten sie einen Donnerschlag, dem noch mehrere folgten. Der Donner war so stark, daß der Lokomotivführer den Zug anhielt, weil er glaubte, es sei im Zug eine Explosion erfolgt. Der Aufschlag war so heftig gewesen, daß unsere feinfühligen Erdbebeninstrumente noch in großer Entfernung die Erschütterung aufzeichneten. Die Seismographen von Irkutsk, Taschkent, Tiflis und Jena meldeten eine Erderschütterung, und auf den Kurvenbildern von automatischen Luftdruckmessern in Südengland und in Potsdam konnte nachträglich eine Luftdruckwelle festgestellt werden, die von dem Einschlag herrührte. Auch leuchtende Nachtwolken wurden ein bis zwei Tage nach dem Niedergang von den Astronomen beobachtet. Was in unserer Gegend nur durch empfindliche Instrumente wahrgenommen wurde, wirkte sich in der näheren Umgebung der Einschlagstelle als heftige Luftwelle aus. In der Faktorei Vanovara am Ufer der Steinigen Tunguska (vgl. Abb. 22), etwa 80 km südöstlich von der vermuteten Einschlagstelle, wurden die Fensterscheiben eingedrückt und die Türen ausgehoben. Die Jurten (Hütten) der Tungusen wurden umgeworfen, die Renntiere zerstreut. Über tausend sollen vernichtet worden sein. Menschen scheinen merkwürdigerweise nicht oder nur in sehr geringer Anzahl umgekommen zu sein. In der dortigen Gegend läßt sich das nicht so leicht feststellen. Erst im Jahre 1927 gelang es Kulik, die vermutete Einschlagstelle aufzufinden, und auf zwei weiteren Expeditionen wurde die Stelle eingehender untersucht. In einer sumpfigen Gegend fand man eine Anzahl Krater von 10—50 m Durchmesser. Sie haben ein anderes Aussehen als die übrigen Meteoritenkrater; Abb. 23 gibt

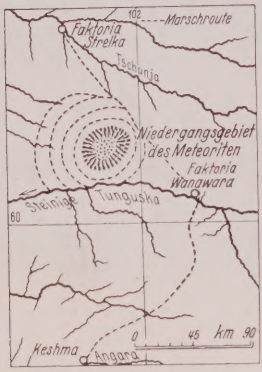

Abb. 22. Lageplan des Kraterfeldes in der Taiga. (Nach Petermanns Mitt. 1928.)

einen Blick auf das Kraterfeld, Abb. 24 einen solchen auf den Hauptkrater. Die größte Tiefe ist nur etwa 4 m. Trotz eifrigen Suchens und trotz Bohrungen bis zu etwa 30 m

Abb. 23. Das Kraterfeld in der Taiga. (Nach Kulik, Geogr. Journ. 1933.)

Tiefe in einigen Kratern wurde nicht die geringste Spur meteoritischen Materials gefunden. Wie schon erwähnt, wird

Abb. 24. Der Hauptkrater. (Nach Kulik aus Nininger, Our Stone-pelted Planet. Boston und New York. 1933.)

die meteoritische Natur des Kraterfeldes von anderen russischen Fachgenossen bezweifelt. An der Grenze des ewig gefrorenen Bodens, an der die Stelle liegt, sollen derartige

Löcher häufig vorkommen. Man führt sie zurück auf das Gefrieren von Wasser in Hohlräumen zwischen dem ständig gefrorenem Grund und dem, der nur im Winter gefriert. Bei dem Gefrieren des Wassers findet bekanntlich eine Ausdehnung statt, die schließlich den darüberliegenden Moorboden aufbricht. Taut im Sommer das Eis, so sollen die beobachteten Löcher übrigbleiben. Für Kuliks Ansicht, der sie für echte Meteoritenkrater hält, spricht, daß sich das Kratergebiet im Mittelpunkt eines stark verwüsteten Gebietes befindet. Er fand um das Kratergebiet herum eine etwa kreisförmige Zone, in der der gesamte Waldbestand völlig ver-

Abb. 25. „Telegraphenstangenwald". (Nach Kulik, Atlantis. 1929.)

brannt und versengt ist. Nach außen zu folgt auf dieses Gebiet eine Zone von etwa 15—20 km Außendurchmesser, in der die Baumstämme auffallenderweise noch aufrecht stehen, aber ihrer Kronen beraubt sind und noch zahlreiche Verbrennungsspuren zeigen. Das Gebiet sieht wie ein schauerlich toter Wald von Telegraphenstangen aus. Abb. 25 gibt einen Begriff davon. Dann folgt eine weitere Zone von etwa 30 bis 40 km Außendurchmesser, in der sämtliche Bäume wie Schilf radial nach auswärts umgeknickt sind (Abb. 26). Dieses Gebiet stärkster Zerstörung bedeckt rund 1200 qkm. Weiter nach außen stellt sich allmählich wieder der normale Waldbestand ein.

Weitaus das größte kraterartige Gebilde, für das meteori-

tische Entstehung in Anspruch genommen wird, ist der *See Bosumtwi* im Ashantigebiet an der Goldküste in Afrika (Nr. 7 der Karte). Der See, den die Abb. 27 wiedergibt, ist in

Abb. 26. Umgelegter Wald. (Nach Kulik aus Nininger, Our Stone-pelted Planet. Boston und New York. 1933.)

dem außerordentlich seenarmen Gebiete eine durchaus seltene Erscheinung. Er liegt auch nicht, wie die sonstigen Seen

Abb. 27. Kratersee Bosumtwi. (Nach Maclaren, Geogr. Journ. 1931.)

des westlichen Afrikas, in einem Flußbett, sondern auf der Wasserscheide zweier Flüsse in etwa 320 m Meereshöhe. Sein Umriß ist ungefähr kreisförmig, und sein Durchmesser beträgt knapp 8 km. Dabei gibt der See noch nicht die Ge-

samtabmessung des Kraters an. Der 300—400 m hohe eigentliche Kraterrand hat einen unregelmäßig rundlichen Umriß und einen Durchmesser von über 10 km! Doch besteht er auffälligerweise nicht aus zertrümmertem Material. Meteoritisches Material wurde trotz eifrigen Suchens auch hier nicht gefunden, auch magnetische Untersuchungen hatten keinen Erfolg. Durch neueste Untersuchungen ist jedoch die meteoritische Natur des Kraters wieder in Frage gestellt worden.

Ein Meteoritenkrater soll auch ein ovales Loch von 21 und 29 m Durchmesser bei *Gwarkuh* in Belutschistan sein (Nr. 8 der Karte). Sein Aussehen ist recht stark abweichend von dem der übrigen Krater, so daß seine meteoritische Natur noch recht unsicher ist.

In letzter Zeit sind nun noch zwei weitere Kraterfelder zu dieser Liste gekommen. Das eine befindet sich im *Gran Chaco* in Argentinien (Nr. 9 der Karte). Es besteht aus einer Anzahl runder, seichter Vertiefungen, deren größte Durchmesser von 78 und 65 m hat. In einer anderen von 56 m Durchmesser und 5 m Tiefe wurde bei Grabungen aschenartiges Material und durchscheinendes Glas gefunden, was ja, wie wir gesehen haben, recht bezeichnend für die echten Meteoritenkrater ist. Meteoreisen ist schon seit 1576 aus der dortigen Gegend bekannt. Inwieweit es in Verbindung mit den kraterartigen Vertiefungen zu bringen ist, muß noch festgestellt werden.

Das letzte Kraterfeld schließlich findet sich in dem Küstengebiet von *Nord- und Südkarolina*, USA. (Nr. 10 der Karte). Hier gibt es Hunderte von kreisförmigen oder elliptischen Vertiefungen. Sie sind schon länger bekannt, aber die Aufmerksamkeit wurde besonders auf sie gelenkt, als man durch Flugzeugaufnahmen, die zu Vermessungszwecken ausgeführt wurden, das ganze Gebiet überblicken konnte. Die Krater haben Durchmesser von 150—2400 m. Die Ellipti-zität wächst mit der Größe. Die langen Achsen der Ellipsen sind alle fast parallel gerichtet, und zwar unter ca. 45° Süd zu Ost. Die Amerikaner nehmen jetzt an, daß diese Krater durch den Aufprall eines ganzen Schwarmes von Riesenmeteoriten entstanden sind. Meteoritisches Material ist bisher

noch nicht gefunden worden. Die Abb. 28 gibt einen Ausschnitt aus den Luftbildaufnahmen. Die kleinen Pünktchen sind Bäume.

Wo stecken nun aber *die Riesenmeteoriten* selbst, die diese gewaltigen Löcher geschlagen haben und von denen man bisher nichts oder nur geringfügige Reste gefunden hat? Die angeführten Beobachtungstatsachen und eine kurze Rechnung

Abb. 28. Kraterfeld in Karolina, USA. (Nach Luftbild der Fairchild Aerial-Survey.)

führen zu dem Schluß, daß sie bei dem Aufprall auf den Erdboden mehr oder weniger zerstört worden sind, daß sie gewissermaßen explodierten, zu einer Gaswolke verdampften. Wir hatten schon in einem früheren Abschnitt, in dem wir uns über die Geschwindigkeit unterhielten, die ein Meteorit bei seinem Auftreffen zeigt, darauf hingewiesen, daß diese Überlegungen nur gültig sind für Meteoriten von der Masse, wie sie diejenigen aufweisen, die wir wirklich auf

der Erde finden. Werden die Massen erheblich größer, so läßt sich durch die gleiche Rechnung zeigen, daß unsere Lufthülle nicht mehr ausreicht, um die kosmische Eintrittsgeschwindigkeit vollständig abzubremsen. Der in dem erwähnten Abschnitt erläuterte Hemmungspunkt kommt mit zunehmender Masse immer tiefer in der Atmosphäre zu liegen und erreicht schließlich die Erdoberfläche. Das heißt mit anderen Worten, diese riesigen Meteoriten kommen mit nur teilweise abgebremster kosmischer Geschwindigkeit an. Wie stark die Auftreffgeschwindigkeit dabei zunimmt, zeigt die zweite Spalte der nachfolgenden Tabelle 6. Hier sind die nach derselben Methode, wie bei den Tabellen 3 und 4, berechneten Geschwindigkeitszahlen zusammengestellt für Meteoreisenkugeln von 0,1 bis 1000 m Radius, von der Dichte 7,7 (das ist die Dichte des Meteoreisens von dem Arizonakrater) und von einer mittleren Eintrittsgeschwindigkeit von 60000 m/sec bei senkrechtem Einfall. Bereits eine solche Kugel von nur 10 m Radius hat dann eine Auftreffgeschwindigkeit von 2600 m/sec, eine solche von 1000 m Radius sogar eine solche von 22000 m/sec, die also durchaus der kosmischen vergleichbar ist. Wenn wir uns an unsere oben erläuterte Formel für die lebendige Kraft $E = \frac{1}{2} m v^2$ erinnern, bedingen diese ungeheuren Zunahmen an Masse und an Geschwindigkeit natürlich eine entsprechende Zunahme des Energieinhaltes dieser Meteoriten beim Auftreffen, und dementsprechend sind auch die Auftrefferscheinungen um so vieles gewaltiger als die der gewöhnlichen Meteoriten. In der 3. Spalte der Tabelle 6 ist dieser Energieinhalt für die Meteoreisenkugeln von 0,1 bis 1000 m Radius angegeben, wie er sich aus der uns bekannten Formel berechnet. Zu diesem Zwecke haben wir den Ausdruck für die Masse, m, auf die linke Seite unserer Gleichung gebracht, d. h. wir haben den Energieinhalt für die Masseneinheit, das Gramm, berechnet. Das ermöglicht uns, die gewonnenen Zahlen unmittelbar miteinander zu vergleichen. E wird ausgedrückt in Erg, das ist die Einheit der Arbeit. Das Erg ist eine sehr kleine Einheit, es entspricht etwa der Arbeit, die man leistet, wenn man ein Milligrammgewichtstück einen Zentimeter

hoch hebt. Bekannter ist schon das Meterkilogramm (mkg), die Arbeit, die geleistet wird, wenn man ein Kilogramm einen Meter hoch hebt. 1 mkg = 9,81 · 10000000 Erg (= 9,81 · 10^7 Erg).

Tabelle 6.

r	v	E/m = ½ v^2
0,1 m	23 m/sek.	2,7 · 10^6 Erg
1 ,,	700 ,,	2,5 · 10^9 ,,
10 ,,	2600 ,,	3,4 · 10^{10} ,,
100 ,,	8300 ,,	3,4 · 10^{11} ,,
1000 ,,	22000 ,,	2,4 · 10^{12} ,,

Die Energie des auftreffenden Meteoriten wird nun einmal zum Herausschlagen des Kraters und zum Erwärmen der Gesteine an der Auftreffstelle — wir erinnern uns der eingeschmolzenen Sandsteinstücke aus den Meteoritenkratern, die dabei sehr hoch erhitzt werden mußten — und weiterhin zum Erwärmen des Meteoriten selbst verbraucht. Für die Erhitzung wollen wir vorsichtigerweise nur 10% der Gesamtenergie zur Verfügung stellen. Man kann ausrechnen, wieviel Erg notwendig sind, um 1 g Eisen von Weltraumtemperatur auf die Temperatur des Verdampfungspunktes des Eisens, der bei 3200° C liegt, zu bringen. Das Rechnungsergebnis ist rund 7,9 · 10^{10} Erg/g. Nun zeigt die Zahl für E/m eines Meteoreisens von 100 m Radius größenordnungsmäßig einen Wert von 10^{11}, d. h. 10^{10}, die größenordnungsmäßig zum Verdampfen notwendige Ergzahl, ein Zehntel der Gesamtenergie, wäre hier vorhanden. Wir können also sagen, daß Meteoreisen über 10 m Radius alle Aussicht haben, bei ihrem Aufprall auf die Erdoberfläche zu verdampfen. Dieses Rechnungsergebnis steht insofern mit der Beobachtung im Einklang, als bis jetzt auf der Erde noch keine Meteoriten gefunden worden sind, die in ihrer Masse einer solchen Kugel von 10 m Radius entsprächen, geschweige denn sie übertrafen. Andererseits sind die Abmessungen der meisten Meteoritenkrater so groß, daß man Projektile von über 10 m Durchmesser annehmen kann. Es wird also keinen Zweck haben, nach den Riesenmeteoriten zu suchen. Man wird sie

nicht oder nur noch geringe Reste von ihnen finden. Warum man bei einer Anzahl der Krater überhaupt kein meteoritisches Material gefunden hat, liegt vielleicht daran, daß sie durch den Aufprall von Steinmeteoriten gebildet wurden. Geringe Reste von diesen entziehen sich sehr leicht der Auffindung, besonders wenn sie stärker verwittert sind.

Zahl der Meteoritenfälle. Wir haben nun einiges über die Meteoritenfälle kennengelernt und fragen nun weiter, *wieviel* solcher *Fälle*, von denen Material in unsere Hand gelangt ist, bekanntgeworden sind? Zur Zeit dürfte Material von etwa 500 beobachteten Fällen sichergestellt sein, aber damit ist das zur Verfügung stehende Beobachtungsmaterial noch nicht erschöpft. Zu diesen 500 Fällen kommen noch rund ebenso viele Funde von Meteoriten, deren Niedergang nicht beobachtet wurde, so daß also insgesamt etwa 1000 Meteoriten bekanntgeworden sind. Jedes Jahr kommt noch eine Anzahl sowohl von Fällen als von Funden hinzu. Die Tabelle 7 gibt einen Überblick über die Zahl der Vertreter der einzelnen Meteoritentypen, die bisher festgestellt worden sind, nach einer Liste des englischen Meteoritenforschers Prior, die bis zu dem Jahre 1927 reicht. Sie umfaßt insgesamt 893 besser bekannt gewordene Meteoriten. Den Unterschied zwischen Meteorsteinen und Meteoreisen haben wir bereits kennengelernt. Über die Bedeutung der übrigen in der Tabelle angeführten Bezeichnun-

Tabelle 7.

	Fälle	Funde	Zusammen
Meteorsteine			
Achondrite	39	4	43
Chondrite	403	68	471
Mesosiderite	4	6	10
Meteoreisen			
Pallasite	1	25	26
Hexaedrite	4	15	19
Oktaedrite	15	263	278
Ataxite, Ni-arm	1	22	23
Ataxite, Ni-reich	—	23	23
Meteorsteine insgesamt	446	78	524
Meteoreisen insgesamt	21	348	369
Meteoriten insgesamt	467	426	893

gen schlage man das Kapitel über die Klassifikation der Meteoriten, S. 96, auf.

Diese Tabelle ist in mehrfacher Hinsicht von Interesse. Zunächst einmal *überwiegen* der Zahl nach ganz wesentlich *die Steinmeteoriten* und unter diesen wiederum ganz erheblich die sogenannten Chondrite. Auch unter den Eisenmeteoriten gibt es eine sehr stark vorherrschende Abart, die der Oktaedrite. Auf den ersten Anblick hin merkwürdig erscheint das Verhältnis der beobachteten Fälle zu den Funden. Bei den Steinen ist es etwa wie 5:1 für die Fälle, bei den Eisen dagegen wie 1:17. Die Ursache dieser auffälligen Verschiedenheit liegt darin, daß die Steinmeteoriten infolge ihrer großen Ähnlichkeit mit gewissen irdischen Gesteinen und wegen ihrer viel leichteren Verwitterbarkeit sich in viel stärkerem Maße der Auffindung entziehen, wenn sie nicht bald nach dem Falle aufgefunden werden. Die Eisenblöcke dagegen widerstehen der Verwitterung im allgemeinen viel besser und bilden so auffällige Fremdkörper auf der Erdoberfläche, daß sie auch dann, wenn von ihrem Fall keinerlei Nachricht vorliegt, leicht als Meteoriten erkannt werden können, sobald sie jemand findet.

Örtliche und zeitliche Verteilung der Meteoritenfälle. Es liegt nahe, zu untersuchen, *ob die Meteoriten* auf der Erde *in bestimmten Gegenden reichlicher niederfallen* als in anderen. Stellt man eine statistische Untersuchung in dieser Hinsicht an, so ergibt sich ein Befund, wie ihn die Tabelle 8 zeigt. Von 958 bis zum Jahre 1930 genauer beschriebenen Meteoriten entfallen auf Europa 273, auf Asien 164, auf Afrika 55, auf Amerika 396 und auf Australien 70. Eine nähere Untersuchung dieser so verschiedenen Zahlen zeigt jedoch, was schon früher mit geringerem Material der Wiener Meteoritenforscher Berwerth nachwies, daß die Ursache dieser verschiedenen Verteilung nicht in der Bevorzugung bestimmter Erdteile durch die Meteoriten liegt, sondern daß diese *Verteilung abhängig* ist *von der Dichte und dem Kulturzustand der Bevölkerung*. So sind von den 55 afrikanischen Meteoriten allein 32 in Südafrika beobachtet resp. gefunden worden, von den 164 aus Asien allein 109 in

dem dichtbesiedelten Vorderindien, von den 396 amerikanischen nur 59 in Südamerika, dagegen 278 in den Vereinigten Staaten.

Tabelle 8.

Verteilung der Meteoriten auf die einzelnen Länder.

	Met.-St.	Met.-E.	Gesamtzahl
Deutschland	23	9	32
Frankreich	53	1	54
Schweiz	3	1	4
England	14	1	15
Norwegen	3	2	5
Schweden	6	1	7
Dänemark	1	0	1
Finnland	6	1	7
Rußland, europäisches	37	7	44
Polen und Baltikumstaaten	15	1	16
Tschechoslowakei	12	9	21
Österreich	3	0	3
Ungarn	3	1	4
Jugoslawien	6	1	7
Übriger Balkan	8	0	8
Italien	17	1	18
Spanien und Portugal	19	2	21
Belgien	3	0	3
Niederlande	3	0	3
Europa insgesamt	235	38	273
Sibirien	6	12	18
China	4	0	4
Japan	12	3	15
Philippinen und Hinterindien	3	0	3
Java	6	1	7
Vorderindien	104	5	109
Persien und Afghanistan	1	0	1
Syrien und Arabien	3	1	4
Kleinasien	3	0	3
Asien insgesamt	142	22	164
Nordafrika	5	4	9
Westafrika	2	4	6
Zentralafrika	2	0	2
Ostafrika	5	1	6
Südafrika	14	18	32
Afrika insgesamt	28	27	55

Tabelle 8 (Fortsetzung.)

	Met.-St.	Met.-E.	Gesamtzahl
Australien insgesamt	21	49	70
Kanada und Grönland	4	9	13
USA.	101	177	278
Mexiko	8	34	42
Nordamerika insgesamt	113	220	333
Mittelamerika insgesamt	1	3	4
Kolumbien	0	1	1
Bolivien	0	3	3
Brasilien	8	4	12
Chile	4	24	28
Argentinien	10	4	14
Paraguay	1	0	1
Südamerika insgesamt	23	36	59
Amerika insgesamt	137	259	396
Erde insgesamt	563	395	958

Für eine andere Eigentümlichkeit kann aber die oben angeführte Erklärung nicht befriedigen. So sind z. B. von der westlichen Halbkugel, den beiden Amerikas, 259 Eisen und nur 137 Steine bekanntgeworden, von der östlichen Halbkugel, Eurasien und Afrika, dagegen 87 Eisen und 406 Steine. Es ist die Ansicht geäußert worden, daß auf den sehr alten Kulturböden von Europa und Indien schon in ältesten Zeiten die Meteoreisen bei der Bearbeitung des Bodens aufgefunden und zu Werkzeugen oder Waffen verarbeitet wurden, während sie sich in den wüstenartigen Gegenden von Nord- und Südamerika bis auf die Jetztzeit erhalten konnten.

Die obenerwähnten rund tausend bisher bekanntgewordenen Meteoriten sind *im wesentlichen in den letzten 130 Jahren aufgefunden* worden. In der Zeit vor 1800 wurden nur etwa 20 Fälle beschrieben. Auch die Zahl der in alter Zeit gefundenen Meteoriten ist nicht groß. Die etwa 450 beobachteten Meteoritenfälle seit 1800 verteilen sich ungefähr gleichmäßig auf die einzelnen Jahre. Die mittlere Zahl für je 10 Jahre steigt langsam an, sie beträgt seit 1850 etwa 4—5 beschriebene Meteoritenfälle. Diese 450 Fälle sind

nun aber beileibe nicht das gesamte Meteoritenmaterial, das in dieser Zeit auf die Erde niedergefallen ist. Wir brauchen ja nur zu bedenken, daß rund 71 % der Erdoberfläche von Wasser gebildet werden und daß weite Gebiete der Landoberfläche nicht oder nur sehr dünn besiedelt sind. Weitaus der größte Teil der niederfallenden Meteoriten entgeht also der Auffindung und Untersuchung. Neueste Schätzungen, auf amerikanischen Beobachtungen fußend, nehmen die *Zahl der jährlich auf die Gesamterde niederfallenden Meteoriten* zu 11 000 an, und nur durchschnittlich 5 gelangen jährlich zur wissenschaftlichen Untersuchung! Man sieht, wie vorsichtig man da bei der Deutung statistischer Ergebnisse sein muß.

Abb. 29. Monatliche Verteilung der Meteoritenfälle.

Ist nun eine *Regelmäßigkeit innerhalb der Fallmonate* festzustellen? Eine Frage, die deshalb von Bedeutung ist, weil ihre Beantwortung vielleicht für die Beziehungen der Meteoriten zu bekannten Sternschnuppenscharen oder Kometen Material liefert. Die Kurve der Abb. 29 gibt die Antwort. Sie umfaßt 467 Fälle, bis 1926 etwa, und zeigt ein deutliches Maximum für April, Mai und Juni. Juli und August liegen noch gerade über dem Mittel, während die Wintermonate ein Minimum darstellen. Das Maximum kann nur zum Teil dadurch bedingt sein, daß die meisten Beobachtungen von der nördlichen Halbkugel stammen, wo natürlich die Sommermonate besser dazu geeignet sind als die Wintermonate. September und Oktober stehen in dieser Beziehung jedoch dem April und Mai kaum nach. Es scheint also, als ob die Erde in den Maximummonaten ein Gebiet durchläuft, das dichter mit Meteoriten besetzt ist. Beziehungen zu den bekannten Sternschnuppenschwärmen und zu den Kometen ergeben sich nicht, ein Befund, den wir uns für später merken wollen. Die Sternschnuppen haben im Mai und Juni gerade ein Minimum, im Juli und September ein Maximum.

Die *Verteilung der Meteoritenfälle auf die einzelnen Tage*

des Monats zeigt keinerlei Eigentümlichkeit. Dagegen weist die Kurve der *Fallstunden* wiederum ausgesprochene Maxima auf. Von 386 Meteoriten, deren Fallstunden genau bekannt sind, sind 132 in der Zeit von Mitternacht bis Mittag, 254 von Mittag bis Mitternacht, wie die graphische Darstellung der Abb. 30 zeigt, gefallen. Das stärkste Maximum liegt bei 15—16 Uhr, ein zweites bei 12—13 Uhr, ein ausgesprochenes Minimum findet sich bei 0—4 Uhr. Diese Fallstunden sind insofern von Belang, als sie gewisse Aussagen über die Bewegungsrichtung der Meteoriten zulassen. Alle, die von Mittag bis Mitternacht fallen, haben die gleiche Bewegungsrichtung wie die Erde, während die mit den Fallstunden von Mitternacht bis Mittag ihr entgegen kommen oder auch von

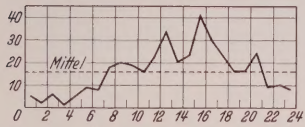

Abb. 30. Stündliche Verteilung der Meteoritenfälle.

Abb. 31.

ihr überholt werden. Aus der Skizze der Abb. 31 geht dies ohne weiteres hervor. Das ist natürlich von Bedeutung für die Geschwindigkeit, mit der die Meteoriten in die Erdatmosphäre eintreten. Bei gleicher Bahnrichtung ist die Eintrittsgeschwindigkeit die Differenz zwischen der Eigengeschwindigkeit der Erde (durchschnittlich 29,77 km/sec) und der des Meteoriten. Kommt der Meteorit dagegen der Erde entgegen, so addieren sich natürlich die beiden Eigengeschwindigkeiten. Meteoriten mit großer Eintrittsgeschwindigkeit werden aber bei ihrem Fluge durch die Atmosphäre stärker erhitzt und stärker abgeschmolzen als solche mit geringerer. Ist ihre Masse klein genug, so werden sie durch dieses Abschmelzen gegebenenfalls vollständig aufgezehrt, ehe sie den Erdboden erreichen. Während also ein Meteorit von bestimmter Masse bei gleicher Bewegungsrichtung noch gerade den Erdboden erreichen kann, wird das bei entgegengesetzter Bewegungsrichtung nicht mehr der Fall sein.

Irgendwelche Beziehung zu den Sternschnuppenschwärmen zeigt auch die Stundenverteilung der Meteoritenfälle nicht.

Über die Gefährlichkeit niederfallender Meteoriten. Und nun zu einer praktischen Seite der Meteoritenfälle, die den Menschen unmittelbar angeht. Wohl haben wir gesehen, daß die Einschlagswirkungen der gewöhnlichen Meteoriten nicht sehr erheblich sind, trotz Donner und Blitz, mit denen sie herabsausen. Aber immerhin, wenn man bedenkt, daß die Meteoriten in der Mehrzahl über ein Kilogramm schwer sind und daß mitunter gegen 100 000 Steine herabprasseln, so kann man sich vorstellen, daß es nicht zu den angenehmsten Situationen gehört, wenn man gerade an der Stelle ihres Niederganges zu verweilen gezwungen ist. Nun, die Geschichte und die Statistik bieten in diesem Falle Trost. Es ist bisher *noch kein* einziger, *sicher beglaubigter Fall vorgekommen, daß ein Mensch von einem Meteoriten erschlagen oder verletzt worden ist.* Wohl gibt es zahlreiche Erzählungen, in denen dies behauptet wird. So wird die Bibelstelle Josua 10, Vers 11, in der von dem Kampfe der Kinder Israel gegen die Amoriter die Rede ist: „Als sie sich nun auf der Flucht vor den Israeliten am Abhang von Beth-Horon befanden, ließ der Herr große Steine vom Himmel bis nach Aseka hin auf sie herabfallen, so daß sie dadurch den Tod fanden; die Zahl derer, die durch den Steinhagel das Leben verloren, war weit größer als die Zahl derer, die durch das Schwert der Israeliten gefallen waren" (Menge-Bibelübersetzung), als ein Beispiel für den Niedergang eines Meteoritenschauers mit tödlichen Folgeerscheinungen angesehen. Weiter soll 1511 in Cremona und 1650 in Mailand je ein Mönch getötet worden sein, 1674 sollen zwei schwedische Matrosen auf ihrem Schiffe umgekommen sein. Alle, sowohl diese alten Berichte wie auch solche aus neuester Zeit — vor einigen Jahren sollte in einem Balkanstaat ein Hochzeitsgast im Wagen, weiter ein Kind in Japan und schließlich 1906 der Rebellengeneral T. Catillianis im Feldlager getötet worden sein — haben kritischer Untersuchung nicht standgehalten. Vielleicht am meisten in Gefahr sind drei Kinder in Braunau in Böhmen gewesen. 1847 fiel ein 17 kg schwerer Eisenmeteorit in die

Kammer, in der sie schliefen, und die Trümmer der durchbrochenen Decke bedeckten sie, doch nahmen sie keinen ernstlichen Schaden.

An und für sich ist es natürlich möglich, daß einmal ein Mensch von einem Meteoriten getroffen wird. Aber die *Wahrscheinlichkeit ist sehr gering.* Wir müssen immer wieder bedenken, wie außerordentlich gering der Anteil der Erdoberfläche ist, den die Menschen mit ihren Körpern bedecken. Amerikaner haben ausgerechnet, daß die Wahrscheinlichkeit, daß in den USA. ein Mensch von einem Meteoriten getroffen wird, einmal in 9300 Jahren besteht. Ein tröstlicher Bescheid! Immerhin ist es bemerkenswert, daß selbst große Schauer, die zum Teil in dichtbesiedelten Gegenden niedergingen, keinen Menschen verletzt haben. Eine weitere Rechnung der Amerikaner hat ergeben, daß von je 66 niedergehenden Meteoriten nur einer in ein Dorf oder in eine Stadt fällt.

Von *Tieren, die von Meteoriten getötet wurden,* besitzen wir nur wenig Berichte. So soll z. B. 1911 ein Hund von dem Meteoriten von Nakhla in Ägypten erschlagen worden sein. *Gebäude* dagegen sind *mehrfach beschädigt* worden, so von den Meteoriten von Aussun (1851), Barbotan (1790), beide in Frankreich, Benares (Indien, 1798), Braunau (Böhmen, 1847), Mäßing (Bayern, 1803) und Pillistfer (Livland, 1863).

Historisches über die Meteoriten. Die auffälligen Fallerscheinungen setzen natürlich nicht nur jetzt die Menschen in Schrecken und Furcht, sie haben es in noch stärkerem Maße in den vergangenen Zeiten getan, in denen die Ansichten über die Natur und Beschaffenheit des Himmelsraumes durch Glauben und Mythos bestimmt waren. Jene hellauf leuchtenden und schnell dahinfahrenden Sterne, die den Eindruck erweckten, als fielen sie aus der ewig ruhenden Schar ihrer Brüder heraus, erregten größtes Interesse, das noch verstärkt wurde, als man manche dieser herabgefallenen Sterne fand und auflesen konnte. Die *Geschichte* der Erkenntnis der wahren Natur unserer Meteoriten ist daher sehr reizvoll, insbesondere stellt sie ein warnendes Beispiel für den

Naturwissenschaftler dar, ihn erinnernd, stets zwar mit Kritik, aber auch ohne Voreingenommenheit an die Erklärung von Phänomen heranzugehen.

Bereits aus *vorgeschichtlicher Zeit* sind Meteoriten bekannt, so die von Anderson und Hopewell Mounds in Ohio, USA. Den Eisenmeteoriten von Chihuahua (Mexiko) wird sogar tertiäres Alter zugeschrieben. Die *alten Kulturvölker*, die Chinesen, Ägypter, Griechen und Römer, brachten den Meteoriten lebhaftes Interesse entgegen und haben vielfach Aufzeichnungen über Fälle und auch über gefundene Meteoriten hinterlassen. Von dem Chinesen Mu Tuan Lin (1245 bis 1325) wurden in der großen chinesischen Enzyklopädie Fälle aus ungefähr zwei Jahrtausenden zusammengestellt. Bei

Abb. 32. Meteoritenmünze.

Anaxagoras, Plutarch, Livius, Plinius und manchen anderen alten Schriftstellern finden sich Mitteilungen über Meteoritenfälle. Nur einige Beispiele seien genannt. Etwa 625 v. Chr. ging ein Steinregen in den Albaner Bergen bei Rom nieder, 465 v. Chr. ein Stein in Thrazien am Flusse Ägos. Mit großer Feierlichkeit wurde etwa 204 v. Chr. ein schon früher in Phrygien gefallener Stein nach Rom überführt.

Die Meteoriten wurden als herabgefallene Sterne oder als Botschaften der Götter angesehen und waren demgemäß häufig *Gegenstand religiöser Verehrung*. So sollen das Bildnis der Göttin Diana in Ephesus und das Heiligtum im Tempel der Venus von Zypern Meteoriten gewesen sein. In Rom wurde zur Zeit des Numa Pompilius ein vom Himmel gefallenes Meteoreisen in Form eines kleinen Schildes verehrt, an dessen Besitz die Weltherrschaft geknüpft sein sollte. Um

einen Verlust durch Diebstahl zu verhindern, ließen die klugen römischen Priester elf weitere eiserne Schilde von genau gleicher Form anfertigen. Mitunter wurden die Meteoritenfälle auch auf Münzen verewigt. Abb. 32 gibt eine solche Münze wieder, die auf den Tod Cäsars Bezug nimmt. Auch der „Hadshar al Aswad", das Allerheiligste der Kaaba in Mekka, ein schwarzer, in Silber gefaßter Stein, soll ein Meteorit sein. Nach der Legende ist er ursprünglich weiß gewesen und hat erst durch die Sünden der Menschen seine

Abb. 33. Meteoritenfall von Ensisheim, Elsaß.

schwarze Farbe erhalten. Bei primitiven Völkern werden noch in der Jetztzeit Meteoriten als Heiligtum verehrt.

Aus den Meteoreisen wurden vielfach schon in alter Zeit *Waffen* aller Art hergestellt. Aus Arabien sind Degenklingen bekannt, die ihrem Besitzer Unverwundbarkeit verleihen sollten. Der Mogulkaiser Dshehangir ließ 1621 Säbel, Dolch und Messer aus Meteoreisen fertigen, und noch in neuerer Zeit wurden für den Sultan von Solo auf Java aus dem Eisen von Prambanan (bekannt seit 1797) Kris hergestellt, die von ihm zu fürstlichen Geschenken benutzt wurden.

Auch im *Mittelalter* sah man die Meteoriten, ähnlich wie die Kometen, als ein Zeichen Gottes an, aber im Gegensatz zu dem Altertum als ein Zeichen seines Zornes. Der *älteste Meteoritenfall, von dem noch Material vorhanden ist,* ist der

von Ensisheim im Elsaß. Am 16. April 1492, 11 Uhr 30, fiel der Meteorstein nach einer heftigen Detonation zu Boden. In der Abb. 33 ist der Fall nach einem zeitgenössischen Flugblatt wiedergegeben. Sebastian Brant (1457—1521) verfaßte ein Gedicht dazu, das hier abgedruckt sei.

„Als man zalt viertzehnhundert Jar
Uff sant Florentzen tag ist war
Nüntzig vnd zwei vmb mittentag
Geschah ein grüsam donnerschlag
Dry zentner schwer fiel diser stein
Hie in dem feld vor Ensisheim
Dry eck hat der verschwertzet gar
Wie ertz gestalt und erdes var
Ouch ist gesehen in dem lufft
Slymbes fiels er in erdes Klufft
Clein stück sind komen hin vnd har
Und wit zerfüert sust sichst in gar
Tünow, Necker, Arh, Ill vnd Rin
Switz, Uri, hort den Klapff der In,
Ouch doent er den Burgundern ver
In forchten die Franzosen ser
Rechtlich sprich ich das es bedüt
Ein bsunder plag der selben lüt."

Der größte Teil des Steines wird noch heute im Rathaus zu Ensisheim aufbewahrt (54¾ kg, s. Abb. 34). Kaiser Maximilian benutzte den Fall in einem Aufruf als Zeichen Gottes gegen die Türken. Auch der Steinfall von Osterau (1671) sollte „ein Zorneszeichen des Höchsten und ein Prognostikum sein der steinernen Türken Herzen und grimmigen Hundesart, die sie gegen das teuere Christenblut zu verüben pflegen".

Die zeitgenössischen Gelehrten wußten mit dem Stein von Ensisheim nichts anzufangen. Sie erklärten den Fall schließlich für ein Wunder Gottes. In späterer Zeit, besonders im Zeitalter der „Aufklärung" (18. Jahrhundert), lehnte die wissenschaftliche Welt diesen Wunderglauben ab, und da sich unter den Berichten über Meteoritenfälle viele falsche,

übertriebene und phantastische befanden, schüttete man das Kind mit dem Bade aus und verwies auch die gut beglaubigten kurzerhand in das Reich der Ammenmärchen und „Absurditäten". Besonders die französische Akademie zeichnete sich darin aus. Der 1768 gefallene Meteorit von Lucé (Frankreich) wurde von einer ihrer Kommissionen, der der berühmte, damals allerdings erst 25jährige Chemiker Lavoisier angehörte, als eine Art Eisenkies erklärt. Über den von dem

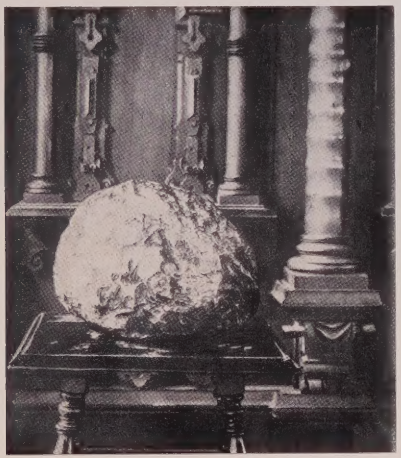

Abb. 34. Meteorit von Ensisheim.

Bürgermeister und dem Stadtrat gut beglaubigten Steinregen von Barbaton (Frankreich, 1790) schreibt der französische Gelehrte Bertholon: „Wie traurig ist es, eine ganze Munizipalität durch ein Protokoll in aller Form Volkssagen bescheinigen zu sehen, die nicht nur von Physikern, sondern von allen Vernünftigen zu bemitleiden sind." Und in Deutschland schrieb X. Stütz: „Freylich, daß in beiden Fällen (Meteoriten von Agram, Kroatien, 1751, und Eichstädt, Bayern, 1785) das Eisen vom Himmel gefallen sein soll, mögen wohl im Jahre 1751 selbst Deutschlands aufgeklärte Köpfe bei der

damals unter uns herrschenden schrecklichen Ungewißheit in der Naturgeschichte und der praktischen Physik geglaubet haben, aber in unserer Zeit wäre es unverzeihlich, solche Märchen auch nur wahrscheinlich zu halten." Trotz dieser Ablehnung hielt Stütz die beiden Meteoriten doch für bemerkenswert genug, daß er sie und andere aufhob und somit den Grundstock zu der berühmten Wiener Meteoritensammlung legte.

Es war ein Deutscher, der als erster auf Grund unvoreingenommener Studien den Mut hatte, der herrschenden autoritären Ansicht entgegenzutreten: der durch seine Untersuchungen über akustische Probleme wohlbekannte Physiker Chladni, geboren 1756 zu Wittenberg, gestorben 1827 in Breslau. Auf seinen zahlreichen Reisen hatte er unter anderem auch die Nachrichten über Meteoritenfälle gesammelt, und in seinem 1794 erschienenen kleinen Büchlein: „Über den Ursprung der von Pallas gefundenen und anderer ihr ähnlicher Eisenmassen und über einige damit in Verbindung stehende Naturerscheinungen" stellte er fremde und eigene Beobachtungen über die Meteoriten zusammen und kam zu dem Schluß, daß diese von den Feuerkugeln abstammten und außerirdischen Ursprungs sein müßten. Seine Ansicht stieß zunächst auf stärksten Widerstand und wurde vielfach verlacht. Ja, jene Mystifikationen zugängliche Zeit glaubte sogar, er habe sich damit nur über die Physiker, die ihm vielleicht Glauben schenken würden, lustig machen wollen. Sein berühmter Kollege Lichtenberg äußerte sich über das Buch: „Es sey ihm bey dem Lesen der Schrift anfangs so zumute gewesen, als wenn ihn selbst ein solcher Stein am Kopf getroffen hätte." Von anderen wurde Chladni zu denjenigen gerechnet, „die alle Weltordnung leugnen und die nicht bedenken, wie sehr sie an allem Bösen in der moralischen Welt schuld sind". Die Natur aber kam Chladni zu Hilfe. 1803 ging ein großer Meteorsteinregen in L'Aigle (Frankreich) nieder, der, von einwandfreien Zeugen beglaubigt, auch von der Akademie in Paris anerkannt werden mußte. Chladni gelangte zur vollen Anerkennung, und ein reges Sammeln und Untersuchen von Meteoriten setzte ein. Sie waren damit

auf einmal zu höchst interessanten Körpern geworden, zu dem damals einzigen Mittel, über den stofflichen Bestand außerirdischer Körper Aufschluß zu erhalten.

Mit dieser stofflichen Natur der Meteoriten wollen wir uns in den nächsten Kapiteln beschäftigen, nachdem wir die hauptsächlichsten Erscheinungen kennengelernt haben, die mit dem Zusammentreffen dieser Himmelskörper mit unserer Erde verbunden sind. Doch zuvor noch zwei Abschnitte mit einem praktischen Hintergrund.

Das Niedergehen eines Meteoriten erfolgt im allgemeinen so selten und so plötzlich, daß Fachleute nur zufällig einmal Beobachtungen darüber machen können. Wir sind daher in dieser Hinsicht sehr auf die *Mithilfe der Allgemeinheit* angewiesen. Die Plötzlichkeit dieser Ereignisse bringt es nun mit sich, daß die allermeisten nicht fachmännischen Beobachter völlig überrascht sind, um so mehr, als ihnen ein solcher Fall meist nur einmal im Leben vor Augen kommt. So ist es durchaus verständlich, daß das gelieferte Beobachtungsmaterial oft recht lückenhaft ist. Nebensächliche Erscheinungen werden als wichtig angesehen und gemerkt, während wichtige Beobachtungsdaten übersehen, vergessen oder zu ungenau festgestellt werden.

Worauf ist nun besonders bei einem Meteoritenfall zu achten? Zunächst eine ganz allgemeine Regel: alle Beobachtungen, besonders zahlenmäßige, möglichst umgehend zu Papier bringen! Man glaubt nicht, wie unzuverlässig das Gedächtnis ist. Und nun einige Punkte, auf die besonders geachtet werden muß.

1. Zu welcher Zeit (Tag, Stunde, Minute) erschien der Meteorit? Möglichst umgehend Uhrvergleich danach mit Bahnhofs- oder Normaluhr.
2. Wie lange dauerten die Lichterscheinungen von der ersten Wahrnehmung an bis zum Erlöschen? Sekunden zählen (ein-und-zwanzig usw.), zum Nachsehen auf der Uhr ist meistens keine Zeit. Die Zählung der angegebenen Art ist besser als jede sonstige Schätzung.
3. Wie hell und wie groß war die Erscheinung? Vergleich mit Sternen, Mond.

4. Welche Form hatte die Lichterscheinung? Funkensprühen, Aufblitzen, Zerplatzen usw. Skizze!
5. Welche Farbe hatte die Lichterscheinung in den verschiedenen Teilen der Bahn?
6. War ein leuchtender Schweif, eine Rauchwolke oder eine sonstige Spur zu bemerken?
7. Wie lange blieb diese Spur am Himmel? Ihre Gestalt und Farbe?
8. *Wie lag die Bahn der Feuerkugel am Himmel?* Eine möglichst genaue Antwort auf diese Frage ist von besonderem Interesse. Bei Sternhimmel Orientierung nach Sternen und Sternbildern, bei trübem Wetter oder bei Tage an Objekten auf der Erde, Häusern, Kirchtürmen, Bäumen, Bergen. Genaue Festlegung des Beobachtungsstandortes! Höhenbestimmung nach Graden ist nur bei sehr gut Eingeübten von einiger Sicherheit. Vor allem den Endpunkt der Bahn sorgfältig bestimmen!
9. Wieviel Minuten und Sekunden verstrichen zwischen dem ersten Aufleuchten und dem Eintreffen der ersten Geräusche?
10. Welcher Art war das Geräusch? Donnern, Knallen, Krachen, Rollen, Brausen, Zischen usw. Wie lange dauerte es?
11. Welche Zeit verstrich zwischen dem Niederfallen und dem ersten Auffinden des Meteoriten?
12. War der Meteorit heiß oder kalt? Brandspuren? Rauch? Geruch?
13. Ist ein Meteorit oder sind mehrere gefallen? Feststellung des Gewichtes und der Größenabmessungen. Bei mehreren Skizze der Fallpunkte mit Gewichtsangabe. Herumfragen in der Nachbarschaft. Die einzelnen Stücke liegen oft kilometerweit voneinander entfernt.
14. Wie war der Boden und die Umgebung der Einschlagstelle beschaffen? Acker, Wiese, Wald, Weg, Sand, feucht, trocken, gefroren usw. Wurden Bäume oder Gebäude beschädigt?
15. Wie tief drang der Meteorit in den Boden ein? Bei mehreren Stücken Einzelangabe von Größe und Gewicht. Wurde er beim Aufschlag zerbrochen?

16. Welche Form, Abmessung und Neigung hatte der Schußkanal?
17. Erreichte der Meteorit den Boden vor oder nach den Schallerscheinungen?

Wer photographiert, soll alle dazu geeigneten Erscheinungen möglichst vielseitig aufnehmen, immer mit irgendeinem Maßstab (Person, Spazierstock, Mütze, Taschenuhr usw.).

Woran kann man einen Meteoriten erkennen? Noch in einer anderen Hinsicht hoffen die Fachleute auf die Mithilfe der Allgemeinheit. Wir haben oben gesehen, daß von den rund 1000 bekannten Meteoriten nur etwa die Hälfte bei ihrem Niedergang auf die Erde beobachtet worden ist, und es erhebt sich sofort die Frage: Welche Mittel hat die Wissenschaft, um auch solche Körper, deren Fall nicht beobachtet worden ist, einwandfrei als Meteoriten zu erkennen? Sind wir nicht etwa in den entgegengesetzten Fehler der Naturwissenschaftler des 18. Jahrhunderts gefallen und nehmen, zu wenig kritisch, für all die Körper von absonderlicher Zusammensetzung, die wir auf der Erde finden, meteoritische Natur an? Ein Blick auf die Tabelle 7, S. 44, wird den Leser in dieser Hinsicht beruhigen. Bis auf die eine Meteoritenart der nickelreichen Ataxite sind alle die verschiedenen Arten, die meistens zuerst und lange Zeit allein nur an Fundstücken als Meteoriten erkannt wurden, später durch beobachtete Meteoritenfälle bestätigt worden. Reichen die Kriterien zur Zeit noch nicht aus, um, wie bei den sogenannten Tektiten (vgl. das Kapitel über diese Körper, S. 113), die meteoritische Natur einwandfrei festzustellen, so werden diese Körper nicht weggeworfen, wie es früher den Fluch der Lächerlichkeit scheuende Sammlungsleiter getan haben sollen, sondern gesammelt und genauestens untersucht. Eines Tages wird sich ihre wahre Natur herausstellen.

Es gibt kein alleiniges, für alle Meteoriten zugleich gültiges Kriterium, das erlaubte, sie von den irdischen Gesteinen und Kunstprodukten zu unterscheiden. Nur *durch die Kombination mehrerer Kennzeichen kann die Gesamtheit aller Meteoriten charakterisiert werden.*

Dünne, schwarze *Schmelzrinden*, matt oder glänzend, die die Körper umhüllen, und *flache Vertiefungen* von der Form eines Fingereindruckes und größer (vgl. Abb. 35 und 36)

Abb. 35. Meteorstein von Pultusk.

Abb. 36. Meteorstein von Bath Furnace. (Nach Farrington.)

deuten auf meteoritische Herkunft. Es gibt aber Meteoriten auch ohne diese Kennzeichen und andererseits irdische natürliche oder künstliche Produkte, die ähnliche Oberflächenerscheinungen aufweisen, z. B. der in Abb. 37 wiedergegebene Spinell.

Abb. 37. Spinell, mit schwarzer Oberfläche, ähnlich einem Meteoriten.

Das Vorhandensein von *metallischen Eisenkörnern* in steiniger Umgebung (Abb. 38) spricht sehr für Meteoriten. Es gibt aber auch solche, in denen diese Eisenkörner fehlen, und wiederum irdische Gesteine (Abb. 39) und Kunstprodukte, die sie ebenfalls aufweisen.

Das Auftreten von kleinen runden Kügelchen, sogenannten *Chondren* (s. S. 95), ist ein gewichtiges meteoritisches Kennzeichen (Abb. 40). Es gibt aber auch Meteoriten ohne solche

Kügelchen und irdische Gesteine, die äußerlich ähnliche Gebilde aufweisen (Abb. 41).

Für Meteoreisen ist das Auftreten der *Widmannstetterschen Figuren* (s. S. 86) nach dem Ätzen mit Säuren be-

Abb. 38. Meteorstein von Farmington, USA., mit Eisenkörnern.

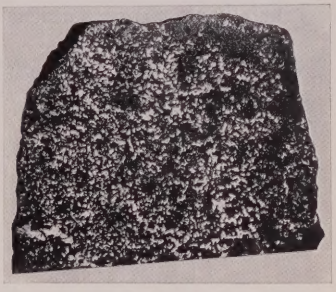

Abb. 39. Basalt von Ovifak, Grönland, mit Eisenkörnern.

Abb. 40. Meteorstein von Bjurböle, Finnland, mit „Chondren". (Nach Merrill, U. S. Nat. Mus. Bull. 149.)

Abb. 41. Kugelgrünstein von Schemnitz, mit äußerl. chondrenähnlich. Gebilden. (Nach Merrill.)

zeichnend (Abb. 42). Man hat diese Figuren noch niemals bei irdischem natürlichem oder künstlichem Eisen gefunden. Es können aber auch Eisenstücke, die diese Figuren nicht zeigen, trotzdem echte Meteoriten sein.

Charakteristisch für alle Meteoreisen ist ein *ständiger Gehalt an Nickel und Kobalt*, und zwar für das erstgenannte Metall ein solcher von etwa 5—20%. Irdisches gediegenes Eisen ist zwar auch nickelhaltig, aber entweder in geringerem (ca. 3%) oder stärkerem Maße (ca. 35%). Der Nickelgehalt kann mit verhältnismäßig einfachen Mitteln nachge-

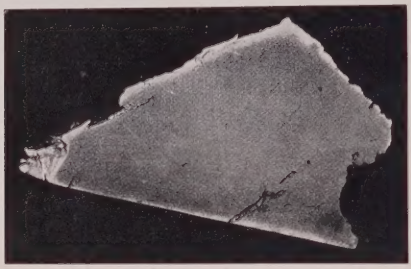

Abb. 42 a.

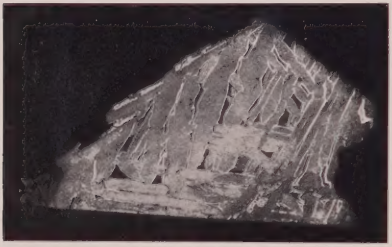

Abb. 42 b.

Abb. 42. Meteoreisen von Toluca. a = poliert, ungeätzt; b = geätzt.

wiesen werden. Man besorge sich in der Apotheke oder in einer Chemikalienhandlung etwas Salzsäure, Salpetersäure (Vorsicht! Giftig!), Zitronensäure, Ammoniakwasser, Dimethylglyoxim und konz. Alkohol. Ein kleines Stückchen des verdächtigen Eisens, Stecknadelkopfgröße genügt, wird in ein paar Kubikzentimeter Salzsäure gelöst und mit ein paar Tropfen Salpetersäure gekocht, ein wenig Zitronensäure hinzu-

gegeben, mit Ammoniakwasser neutralisiert und die heiße Lösung mit ein paar Tropfen einer alkoholischen Dimethylglyoximlösung versetzt. Bei Anwesenheit von Nickel erscheint eine schöne, blutrote Färbung. Auf eine Anzahl weiterer charakteristischer Kennzeichen, die nur der Fachmann feststellen kann, sei hier nicht eingegangen.

Hat der Leser auf Grund der angeführten Merkmale Verdacht, daß ein Stein oder ein Metallstück ein Meteorit sei, so schicke er das Stück zur völlig kostenlosen Untersuchung an das Mineralogische Institut der Universität Jena. Er soll sich jedoch nicht allzuviel Hoffnung machen. Von 100 eingeschickten Meteoriten sind erfahrungsgemäß 99 keine echten. Aber der Hundertste kann vielleicht gerade von großem Werte für die Wissenschaft sein! Seit dem Weltkrieg sind es besonders Eisenkies- und Markasitknollen aus der Kreide der Champagne, die, von unseren Soldaten als Andenken mitgebracht, immer wieder als Meteoriten angesehen werden. Aber auch Hüttenschlacken, Eisensauen, ferner Eisenerze, schwere, dunkle, irdische Gesteine und vieles andere mehr wird oft irrtümlicherweise von Laien als Meteorit angesprochen.

II. Das Meteoritenmaterial.

Gewicht und Größe der Meteoriten sind außerordentlich wechselnd. Wir kennen feinsten Meteoritenstaub und andererseits Kolosse bis zu 60 t Gewicht und Abmessungen von mehreren Metern.

Die Auffindung des feinen *Staubes* wurde dadurch möglich, daß Meteoriten auf zugefrorene Seen fielen, wie z. B. der Meteoritenschauer von Heßle in Schweden im Jahre 1869, von dem Steinchen bis zu 0,07 g aufgelesen werden konnten. Auch in den Grundproben der Tiefsee hat man feinstes Material von möglicherweise meteoritischer Herkunft gefunden. In den Abb. 43 und 44 ist ein Nickeleisenkügelchen und ein Silikatkügelchen, ein sogenanntes Chondrum, wiedergegeben, die von der „Challenger Expedition“ (1873

bis 1876) im südlichen Pazifischen resp. Atlantischen Ozean gedretscht wurden. Weniger als ein Gramm wiegen auch

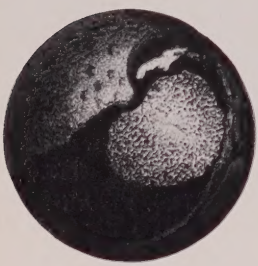

Abb. 43. Eisenkügelchen aus der Tiefsee. (Nach Murray und Renard, Deep Sea Deposits.)

Abb. 44. Chondrum aus der Tiefsee. (Nach Murray und Renard, Deep Sea Deposits.)

Tausende von den sogenannten „Pultusker Erbsen", die nach dem Niedergang des großen Meteoritenschauers bei Pultusk in Polen gefunden wurden. Stücke von *Faust- bis Kopfgröße*, selten solche über 50 kg, herrschen bei den Steinmeteoriten vor. Viel beträchtlicher ist natürlich das Gewicht der Eisenmeteoriten. Massen von 50—100 kg sind keine Seltenheit. Der schwerste Eisenmeteorit, dessen Fall beobachtet wurde, ist der von Treysa in Hessen vom 3. April 1916. Er wog 63 kg und ist in Abb. 45 wiedergegeben. In der Tabelle 9 sind einige der größten Meteorsteine und die zehn größten Meteoreisen zusammengestellt.

Abb. 45. Meteoreisen von Treysa, Hessen. (Nach Richarz, Schriften z. Beförd. d. ges. Naturwiss. Marburg 1917.)

Tabelle 9. I. Meteorsteine.

Fall- oder Fundort	Falldatum od. Fundjahr	Gewicht in t	Befindet sich in
Long Island, Kansas (USA.)	1891	0,564	Chicago
Paragould, Arkansas (USA.)	17. 2. 1930	0,408	Chicago
Bjurböle, Finnland	12. 3. 1899	0,330	Helsingfors
Knyahinya, Tschechoslow.	9. 6. 1866	0,293	Wien
II. Meteoreisen.			
Hoba, S.-W.-Afrika.	1920	60	Am Fundplatz
Cape York, Grönland	1895	33	New York
Bacubirito, Mexiko	1871	24,5	Am Fundplatz
Willamette, Oregon (USA.)	1902	14,2	New York
Chupaderos, Mexiko	1852	14,1 u. 6,77	Mexiko City
Mbosi, Tanganyika Territ., Ostafrika	1930	12	Am Fundplatz
Morito, Mexiko	1600	10,1	Mexiko City
Bendego, Bahia (Brasilien)	1784	5,37	Rio de Janeiro
Cranbourne, Viktoria (Australien.	1854	3,5	London
Adargas, Mexiko	Seit Jahrhunderten	3,3	Mexiko City

Zu der Tabelle noch einige Bilder und Worte. Die größten Steinmeteoriten sind meist bei ihrem Aufprall auf der Erdoberfläche zerbrochen, wie z. B. die von *Long Island* (Abb. 53, S. 70) und von Bjurböle. Die Einschlagstelle des letztgenannten ist auf der Abb. 6 wiedergegeben. Der Stein von *Paragould* ist der größte ganz erhaltene, die Abb. 46 zeigt ihn. Der Stein von Knyahinya, ebenfalls ganz erhalten, ist der schwerste eines Meteoritenschauers, der im ganzen etwa 500 kg Material geliefert hat. Auf der Abb. 47 ist der größte Eisenmeteorit zur Darstellung gelangt, den wir auf

Abb. 46. Meteorstein von Paragould, USA. (Nach Popul. Astronomy. 1930.)

der Erde kennen, der von der *Hoba Farm* im ehemaligen Deutsch-Südwestafrika, bei Grootfontein. Seine Abmessungen

Abb. 47. Meteoreisen von der Hoba Farm, SW.-Afrika. (Nach Schneiderhöhn, Centralbl. f. Mineral. 1931.)

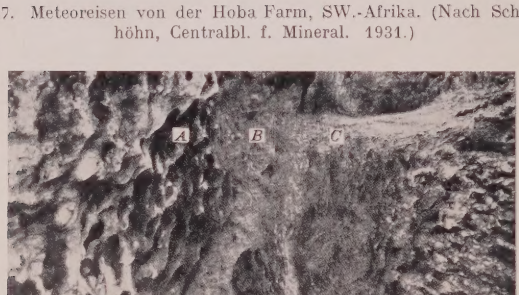

Abb. 48. Meteoreisen von der Hoba Farm, SW.-Afrika. A = Meteoreisen; B = „iron shale"; C = Kalkstein. (Nach Gordon, Mineralog. Mag. 1932.)

sind $2{,}95 \times 2{,}84 \times 1{,}25 - 0{,}55$ m. Sein Nickelgehalt beträgt 16,24%, so daß hier auf engstem Raum ein Nickelvorrat von 9,7 t vorhanden ist, desgleichen ein Kobaltvorrat von 456 kg.

Geschäftstüchtige Leute wollten auch schon darangehen, diese Metallvorräte zu gewinnen. Glücklicherweise hat die südafrikanische Mandatsregierung das Meteoreisen als Natur-

Abb. 49. Meteoreisen von Cape York, Grönland. Die mitabgebildete Mütze diene als Vergleich. (Nach Hovey, Amer. Mus. of Natural History, Guide Leaflet Nr. 26. 1907.)

denkmal erklärt und so vor weiteren Eingriffen geschützt. Wie schon erwähnt, liegt das Eisen nur 1½ m tief in dem

Abb. 50. Meteoreisen von Willamette, USA. (Nach Hovey.)

Kalaharikalk eingebettet, aus dem es noch ein wenig herausragt. Die Oberfläche des Meteoreisens ist von dem Kalk durch eine Zwischenschicht getrennt (Abb. 48), die aus „iron shale" vermengt mit kalkigem Material besteht. Es ist das einzige

Meteoreisen, außer den Riesenmeteoriten, bei dem dieses Material gefunden wurde. Es stellt wohl hier wie dort ein Produkt des Aufpralles dar. Der in der Tabelle angeführte Meteorit von *Cape York* ist das schwerste Eisen eines Meteor-

Abb. 51. Meteoreisen von El Morito. (Nach Farrington.)

eisenschauers. Abb. 49 gibt ihn wieder. Die Eskimos hatten ihn „das Zelt" genannt, einen weiteren Block von 2,7 t „die Frau" und schließlich den kleinsten von 0,5 t „den Hund".

Abb. 52. Meteoreisen von Buei Muerto, Chile.

In neuerer Zeit ist noch ein weiterer Block in der dortigen Gegend gefunden worden. Er wiegt 3,5 t und liegt jetzt in Kopenhagen. Den Eskimos waren diese Meteoreisen schon lange bekannt. Sie zeigten sie dem amerikanischen Nordpol-

fahrer Peary, der sie ihnen schleunigst entführte. Eine ganz absonderliche Gestalt hat das Eisen von *Willamette* (Abb. 50). An der Basis des kegelförmigen Meteoriten finden sich zahlreiche große, unregelmäßig rundliche Vertiefungen, in denen kleine Kinder bequem Platz haben. Es ist noch nicht ganz geklärt, ob diese Löcher durch Ausschmelzen von leicht schmelzbarem Schwefeleisen bei der Erhitzung in der Atmosphäre oder durch Verwitterung entstanden sind. In das seit 1600 bekannte Eisen von *Morito* ist mit einem Meißel die nachfolgende Inschrift eingraviert worden:

Solo Dios con su poder
Este fierro destruira,
Porque en el mundo no habra
Quien lo puede deshacer. A°. 1821.

Auf deutsch etwa: Nur Gott mit seiner Macht kann dieses Eisen zertrümmern, denn die Menschheit hat kein Mittel, es in Stücke zu zerteilen. Es scheinen also auch hier fruchtlose Versuche gemacht worden zu sein, das Eisen nutzbringend zu verwerten. Abb. 51 gibt es wieder.

Die Form der Meteoriten ist sehr verschieden. Sie sind offensichtlich *Bruchstücke* von ganz zufälliger Begrenzung, wenn sie in die Atmosphäre eintreten. In dieser werden sie gegebenenfalls noch weiter zertrümmert, andererseits wirkt die Abschmelzung glättend und abrundend ein.

Vielfach findet sich eine konische, ungefähr pyramidale Form. Abb. 52 zeigt diese bei dem Meteoreisen von Buei Muerto in Chile, Abb. 53 bei dem Meteorstein von Long Island, USA., dem größten bekannten Stein. Viel seltener ist die keulen- oder die säulenförmige Gestalt, wie die des Meteoreisens von Babb's Mill, Tennessee, USA. (Abb. 54), oder gar ringförmige, wie die des Meteoreisens von Tucson, Arizona, USA. (Abb. 55). Dieser stattliche Ring von 688 kg Gewicht hat einen größten Innendurchmesser von 67 cm. Unregelmäßig zackige Formen hatten wir schon bei dem Riesenmeteoriten von Henbury, Australien, kennengelernt (vgl. Abb. 17, S. 32). Bei den kleineren Steinmeteoriten herrschen meistens unregelmäßig rundliche, knollige Formen vor.

Wenn man die Gesamtheit der Meteoritenformen vergleicht, kann man zwei Gruppen unterscheiden: eine, bei der kein Teil der Oberfläche ausgezeichnet ist, und eine zweite, bei der man zwei deutlich voneinander verschiedene Oberflächenteile erkennen kann, die man als Brust- und Rücken-

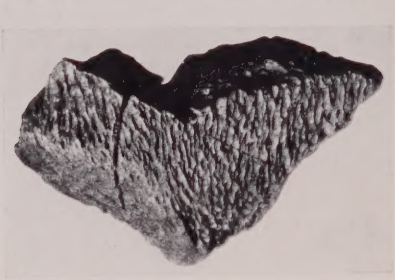

Abb. 53. Meteorstein von Long Island, USA. (Nach Farrington.)

seite bezeichnet. Die Meteoriten der letztgenannten Gruppe heißen „*orientierte Meteoriten*". Sie haben offensichtlich während ihres Fluges durch die Atmosphäre ihre Lage nicht verändert, dadurch wurde infolge der Lufteinwirkung die

Abb. 54. Meteoreisen von Babb's Mill, USA. Die Länge beträgt knapp 1 m. (Nach Farrington.)

Brustseite anders modelliert als die Rückenseite. Abb. 56 zeigt den schön orientierten Eisenmeteoriten von Boogaldi, Neusüdwales, rechts ist die Brustseite. Auch das Meteoreisen von Buei Muerto (Abb. 52) zeigt Orientierung, die Spitze bildet die Brustseite. Einen orientierten Steinmeteoriten gibt die Abb. 57 wieder, den Meteorit von Rich Mountain, North Carolina, USA. Die Brustseite ist oben.

Oberflächenbeschaffenheit. In bezug auf die *Oberflächenbeschaffenheit* zeigen viele Meteoriten sehr charakteristische flache, näpfchenförmige Vertiefungen, die auf den Abb. 36 und 58 gut zu sehen sind. Sie sind teils durch Absprengen von Teilen des Meteoriten, teils durch Ausschmelzen von

Abb. 55.
Meteoreisen von Tucson, USA.
(Nach Hovey.)

Abb. 56. Meteoreisen von Boogaldi, Neusüdwales. Etwa $^1/_3$ der natürlichen Größe. (Nach Liversidge, Proc. Roy. Soc. N. S. Wales. 1902.)

leicht schmelzbaren Bestandteilen, wie Schwefeleisen, entstanden. Ecken und scharfe Grate werden bei dem Abschmelzprozeß in der Luft je nach Einwirkungsdauer mehr

Abb. 57. Meteorstein von Rich Mountain, USA. (Nach Merrill, Proc U. S. Nat. Mus. Washington. 1907.)

oder weniger stark geglättet und gerundet. Bei den orientierten Meteoriten sind oft diese Näpfchen besonders auf der Rückenseite ausgebildet, während die Brustseite viel weiter-

gehend geglättet ist. Abb. 59 zeigt den Unterschied in der Flächenbeschaffenheit deutlich. Aus dem Grade der Einebnung der Bruchflächen kann man bei manchen Meteoriten erschließen, daß sie während des Fluges durch die Atmosphäre zersprengt worden sind. Die neu entstandenen Flächen sind infolge der kürzeren Einwirkungsdauer weniger geglättet als die, mit denen der Meteorit bereits in die Atmosphäre eintrat. Man unterscheidet demgemäß primäre, sekundäre und mitunter sogar tertiäre Flächen.

Abb. 58. Meteoreisen von Cabin Creek, USA. (Nach Berwerth, Ann. naturhist. Hofmuseum. Wien 1913.)

Alle Meteoriten, die kurze Zeit nach dem Fall aufgefunden wurden und die nicht beim Aufschlag zerbrochen worden waren, sind ringsherum bedeckt von einer charakteristischen schwarzen, glänzenden oder matten *Schmelzrinde*, die, wenig-

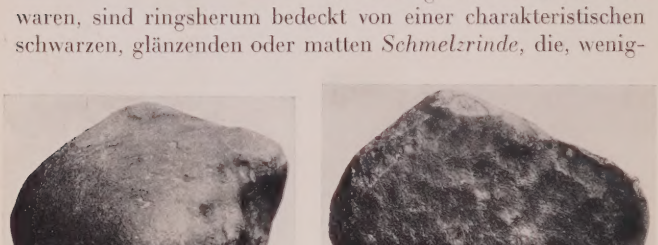

Abb. 59 a. Abb. 59 b.

Abb. 59. Meteorstein von Hvittis, Finnland. a = Brustseite; b = Rückenseite. (Nach Borgström, Bull. Comm. Géolog. de Finlande Nr. 14. 1903.)

stens bei vielen Meteorsteinen, auch farbig in starkem Gegensatz zu dem hellen Innern steht. Aus der Abb. 60 wird dieser Gegensatz deutlich. Die Rinde ist meist papierdünn,

im Durchschnitt unter 1 mm, kann aber bis zu 10 mm Dicke anwachsen. Auf der Brustseite ist sie meist dünner als auf der Rückenseite. Sie besteht aus schwarzem Glas bei den Meteorsteinen, aus schwarzem Magneteisen (Fe_3O_4) bei den Meteoreisen. Vor allem bei den letztgenannten wird sie durch Verwitterung rasch zerstört und von einer Rosthaut ersetzt. Daß diese Rinden tatsächlich Schmelzrinden sind, zeigen nicht selten Fließerscheinungen, die man auf ihnen wahrnehmen kann und die auf den Abb. 56 und 61 sehr gut zu sehen sind. Das geschmolzene Material wurde durch die Luft nach hinten abgestrichen. An der Grenze zwischen Brust- und Rückenseite bildet sich mitunter ein deutlicher Schmelzwust aus.

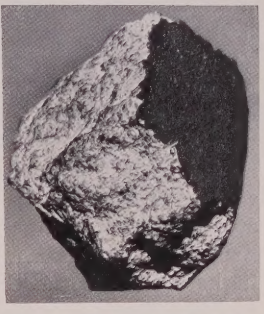

Abb. 60. Meteorstein von Pohlitz (Thür.). Dünne schwarze Rinde auf hellerem Inneren.

Abb. 61. Meteorstein von St. Mark's-Station. Fließerscheinungen. (Nach Cohen, Ann. South Afric. Mus. 1906.)

Der chemische Bestand der Meteoriten. Sobald die wahre Natur der Meteoriten erkannt war, ging man sofort daran, sie auf das eingehendste chemisch zu untersuchen. Zuerst

war natürlich der Grund für dieses Interesse der, daß in den Meteoriten das einzige unmittelbarer Untersuchung zugängliche Material aus dem Raum außerhalb unserer Erde vorliegt. In neuerer Zeit ist noch ein zweiter Grund hinzugetreten. Die Wissenschaft, die sich mit dem stofflichen Aufbau der Erde befaßt, die Geochemie, sieht in gewissen Gruppen der Meteoriten Stoffkombinationen, wie sie nach unseren Anschauungen auch im Innern der Erde, das niemals unserer unmittelbaren Beobachtung zugänglich sein wird, auftreten müssen. Sie hat somit in den Meteoriten ein ausgezeichnetes Material in der Hand, um ihre durch das Experiment und durch Naturbeobachtung an der Erdoberfläche aufgefundenen Gesetzmäßigkeiten der Stoffverteilung nachzuprüfen.

Das erste wichtige Ergebnis dieser eingehenden chemischen Untersuchung ist, daß bis jetzt in den Meteoriten noch *kein chemisches Element gefunden* worden ist, *das nicht auch auf der Erde vorhanden ist*. Ferner wurden niemals Stoffe entdeckt, die irgendwie das Vorhandensein von organischem Leben notwendig machten.

Nach den neuesten Untersuchungen sind *fast sämtliche Elemente*, die wir auf der Erde kennen, auch in den Meteoriten vorhanden. Die wichtigsten in der Reihenfolge ihrer Häufigkeit sind: Eisen, Sauerstoff, Silizium, Magnesium, Nickel, Schwefel, Kalzium, Aluminium, Natrium, Chrom, Kobalt, Kalium, Mangan, Titan, Phosphor. Diese *Häufigkeitsreihenfolge* ist verschieden von der, die wir von der uns zugänglichen Erdkruste kennen. Das ist auch nicht weiter verwunderlich, da die Gesamtheit der Meteoriten uns nach der heutigen Ansicht den Durchschnitt der chemischen Zusammensetzung eines ganzen Himmelskörpers gibt, während wir auf der Erde nur die durchschnittliche chemische Zusammensetzung der alleräußersten Kruste feststellen können. Am ehesten kann noch der *chemische Bestand der Steinmeteoriten* mit dem der Erdkruste verglichen werden, wie dies in der Tabelle 10 geschehen ist.

Wir sehen aus dieser Zusammenstellung, daß das Verhältnis der beiden häufigsten Elemente Sauerstoff und Silizium

von beiden ungefähr gleich ist, während Magnesium und Eisen in den Meteorsteinen gegenüber der Erdkruste stark überwiegt. Andererseits ist die letztgenannte viel reicher an den Alkalimetallen Natrium und Kalium und an Aluminium

Tabelle 10.

	Steinmeteoriten in %	Erdkruste in %
Sauerstoff (O)	42,02	49,5
Silizium (Si)	21,43	25,7
Magnesium (Mg)	15,90	1,93
Eisen (Fe)	12,76	4,7
Schwefel (S)	2,01	0,06
Kalzium (Ca)	1,92	3,39
Aluminium (Al)	1,61	7,5
Natrium (Na)	0,72	2,63
Chrom (Cr)	0,50	0,03
Kalium (K)	0,26	2,40
Mangan (Mn)	0,21	0,09
Titan (Ti)	0,21	0,58
Nickel (Ni)	0,20	0,02

und Kalzium. Der Schwefel, der sich in erheblicherem Maße an dem Aufbau der Meteorsteine beteiligt, tritt in der Erdkruste sehr stark zurück.

In der Tabelle 11 ist die *mittlere Zusammensetzung der Eisenmeteoriten* wiedergegeben.

Tabelle 11.

Eisen (Fe)	90,97 %	Chrom (Cr)	0,06 %
Nickel (Ni)	8,71 „	Phosphor (P)	0,22 „
Kobalt (Co)	0,69 „	Schwefel (S)	0,16 „
Kupfer (Cu)	0,06 „	Kohlenstoff (C)	0,11 „

Der Nickelgehalt macht also in den Eisenmeteoriten knapp $^1/_{10}$ des Fe-Gehaltes aus, der Kobaltgehalt wiederum nicht ganz ein Zehntel des Nickelgehaltes. Alle chemischen Elemente, die in den beiden Tabellen nicht genannt sind, treten in außerordentlich niedrigen Konzentrationen auf, so daß viele erst durch die modernsten Untersuchungsmethoden festgestellt werden konnten.

Neuere Untersuchungen haben nun gezeigt, daß die Häufigkeit der Elemente in den Meteoriten denselben Gesetzmäßigkeiten gehorcht, wie wir sie für die Erde kennen. Ein Ergebnis der modernen Atomforschung ist die Erkenntnis, daß wir die chemischen Elemente in eine Reihe anordnen können, in der jedes Element seinen ganz bestimmten Platz, seine Nummer hat. Diese Nummer wird auch Ordnungszahl genannt. Das erste Element mit der Ordnungszahl 1 ist der Wasserstoff, das letzte mit der Ordnungszahl 92 ist das Uranium, die Muttersubstanz des allbekannten Radiums. Weiterhin können wir in erster Annäherung annehmen, daß jedes Atom wie ein Sonnensystem im kleinen gebaut ist, mit dem Atomkern im Zentrum als Sonne und einer wechselnden Anzahl von Elektronen, das sind kleinste negative Elektrizitätsteilchen, in verschiedener Entfernung um ihn herumkreisend als Planeten. Die Ordnungszahl ist nun durch die Anzahl dieser Elektronen bestimmt, der Wasserstoff hat also 1, das Uranium 92. Es hat sich nun gezeigt, daß die Häufigkeit der Elemente von ihrer Ordnungszahl abhängig ist. Gehen wir von dem Element mit der kleinsten Ordnungszahl, dem Wasserstoff, aus, so steigt zunächst die Häufigkeit mit zunehmender Ordnungszahl bis zum Sauerstoff mit der Ordnungszahl 8, dann aber sinkt sie mit zunehmender Ordnungszahl. Diese Regelmäßigkeit zeigen auch die meteoritischen Elemente. Eine zweite Abhängigkeit wird durch die sogenannte Harkinsche Regel ausgedrückt: Ein Element mit gerader Ordnungszahl, sagen wir etwa 18, 20, 22, ist häufiger als seine beiden Nachbarn mit ungerader Ordnungszahl, also 18 häufiger als 17 und 19, 20 häufiger als 19 und 21 usf. Auch diese Regel wird von den meteoritischen Elementen eingehalten, wie wir gleich an dem Beispiel der Edelmetalle sehen werden. Die Gesamtheit der Elemente mit ungerader Ordnungszahl macht bei den Meteoriten noch nicht 2% aus.

Der *Gehalt an Edelmetallen* in den Meteoriten, der, wie wir oben gesehen haben, einer der Gründe war, so eingehend nach den Riesenmeteoriten zu suchen, ist eingehend untersucht worden. V. M. Goldschmidt fand im Meteoreisen

durchschnittlich die in der Tabelle 12 zusammengestellten Grammzahl/t.

Nach geochemischen Überlegungen war zu erwarten, daß der *Gehalt an Platinmetallen* in den Meteoreisen erheblich größer ist als in der uns zugänglichen Erdkruste. Das ist

Tabelle 12.

Ordnungszahl	Element	g/t
44	Ruthenium (Ru)	10
45	Rhodium (Rh)	5
46	Palladium (Pd)	10
47	Silber (Ag)	5
76	Osmium (Os) mindestens	3
77	Iridium (Ir)	5
78	Platin (Pt)	20
79	Gold (Au)	5

in der Tat der Fall. Während sich für das Platin nach den obigen Zahlen ein mittlerer Gehalt von 0,0002 % ergibt, wird die Konzentration dieses Elementes für die Erdkruste auf nur 0,000 000 012 % geschätzt.

Auf den ebenfalls vorhandenen Radium- und Heliumgehalt werden wir in dem Kapitel über das Alter der Meteoriten zu sprechen kommen.

Auch *Gase* konnten in den Meteoriten nachgewiesen werden. Es fanden sich im Mittel Werte, die in der Tabelle 13 zusammengestellt worden ist.

Tabelle 13.

	Zahl d. Analysen	Kohlensäure CO_2	Kohlenoxyd CO	Methan CH_4	Wasserstoff H_2	Stickstoff N_2	Sa. Vol.
Steinmeteoriten . .	12	3,77	0,24	0,20	0,50	0,09	4,80
Eisenmeteoriten . .	9	0,21	0,67	0,02	1,67	0,24	2,81

Erdöl- und bitumenartige Kohlenwasserstoffe finden sich auch in manchen Meteoriten. Diese Vorkommen sind insofern interessant, als sie zeigen, daß der Meteorit nach seiner Bildung, also auch bei seinem Fluge durch die Atmosphäre,

nicht wesentlich erhitzt worden ist, sonst würden diese Kohlenwasserstoffe herausgebrannt resp. verkokt worden sein. Davon ist jedoch bei den betreffenden Meteoriten nichts zu bemerken. Die Annahme organischer Prozesse für die Entstehung dieser Kohlenwasserstoffe ist nicht notwendig.

Die Mineralien der Meteoriten. Die genannten chemischen Elemente bilden nun allein oder zusammengetreten zu Verbindungen und Legierungen die Mineralien der Meteoriten. Wir finden unter diesen solche, die uns auch auf der Erde wohlbekannt sind. So z. B. die Magnesia-Eisen-Silikate Olivin, $(Mg, Fe)_2SiO_4$, und Bronzit, $(Mg, Fe)SiO_3$, weiter die irdisch weit verbreiteten Kalknatronfeldspäte, die Plagioklase, Mischkristalle des Natronfeldspates, Albit ($NaAlSi_3O_8$) mit dem Kalkfeldspat, Anorthit ($CaAl_2Si_2O_8$). Auch das Eisensulfid (FeS), der Troilit der Meteoriten, ist, wenn auch von etwas anderer Zusammensetzung, als Magnetkies auf der Erde weit verbreitet. Und schließlich finden wir hier auch das gediegene, nickelhaltige Eisen, zwar nur selten, das die Hauptkomponente der Meteoreisen darstellt. Dann treten aber auch in den Meteoriten Mineralien auf, von denen auf der Erde Vertreter in der Natur noch nicht gefunden worden sind, die jedoch leicht künstlich hergestellt werden konnten. In der tabellarischen Zusammenstellung der Meteoritenmineralien am Schlusse dieses Buches sind diese Mineralien mit einem Sternchen bezeichnet.

Andererseits fehlen in den Meteoriten eine Anzahl Mineralien, die mengenmäßig auf der Erde eine große Rolle spielen, z. B. die Mineralien der Glimmer- und der Hornblendegruppe, die wir einzeln oder zusammen in jedem Granit oder Syenit finden. Ferner fehlt den Meteoriten der Kalifeldspat Orthoklas ($KAlSi_3O_8$), die Alkali-Aluminium-Silikate Leuzit ($KAlSi_2O_6$) und Nephelin ($NaAlSiO_4$), dann das wohlbekannte Steinsalz (NaCl) und der irdisch weitverbreitete Kalkspat ($CaCO_3$) sowie auch alle sonstigen Mineralien, die gewöhnlich aus wässeriger Lösung kristallisieren. Auch die auf der Erde so häufigen wasserhaltigen Verwitterungsprodukte, vor allem die Tonmineralien, finden sich in den Meteoriten nicht. *Das Wasser scheint also bei den Mineral-*

bildungsprozessen der Meteoriten keine Rolle gespielt zu haben. In ihnen sind die Mineralien stets frisch und unzersetzt. Aus ihrem chemischen Bestand und aus ihrem Zusammenvorkommen können wir schließen, daß die Meteoritenmineralien nur aus einem feurigen Schmelzfluß kristallisiert sind. Und im Gegensatz zu den irdischen Schmelzflüssen, aus denen die Eruptivgesteine entstanden sind und die wir noch im glutflüssigen Zustand als Lava von den Vulkanen kennen, scheinen die meteoritischen außerordentlich arm an Wasser gewesen zu sein.

Diamanten sind zuerst in winzigen Kriställchen in dem Meteorstein von Novo-Urei bei Nishnij-Nowgorod, Rußland, Fall 1886, gefunden worden, später in manchen der Meteoreisenblöcke von Cañon Diablo, Arizona, USA., auch in dem Eisen von Magura, Tschechoslowakei. Ganz über alle Zweifel erhaben ist das Vorkommen des Diamanten noch nicht. Die meist nur mikroskopisch kleinen Körnchen zeigen mitunter Kristallform, das Oktaeder oder das Hexakisoktaeder. Sie sind farblos, gelb, blau und auch schwarz. Abb. 62 zeigt ein solches als Diamant angesprochenes Körnchen aus Cañon Diablo stark vergrößert.

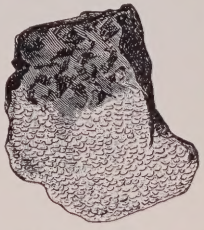

Abb. 62. Diamant aus dem Meteoreisen von Cañon Diablo, USA. Natürl. Größe 0,7 × 0,3 mm. (Nach Moissan, Compt. Rend. 1893.)

Graphit, die zweite Form, in der der Kohlenstoff in der Natur auftritt, kommt im wesentlichen nur in Meteoreisen vor. Er bildet in diesen winzige Schüppchen, die beim Auflösen von Meteoreisen in Säuren zurückbleiben, oder auch Knollen, die Erbsen- oder Walnußgröße nicht überschreiten. Mitunter tritt er in winzigen würfelähnlichen Gebilden auf, die man *Cliftonit* genannt hat. Manche Forscher nehmen an, daß dieser Cliftonit ursprünglich Diamant gewesen ist und erst nachträglich in Graphit umgewandelt worden ist.

Auf die verschiedenen Nickeleisenlegierungen werden wir in dem Abschnitt über die Struktur der Meteoriten zu sprechen kommen.

Von den Sulfiden ist der *Oldhamit*, das Kalziumsulfid (CaS), als irdisches Mineral nicht bekannt. Er ist bisher nur in wenigen Meteoriten gefunden worden, ist lichtbraun gefärbt und im frischen Zustande durchscheinend. Bei Berührung mit Wasser, also wenn der Meteorit längere Zeit nach seinem Fall auf der Erdoberfläche liegenbleibt, zersetzt er sich zu Gips ($CaSO_4 \cdot 2\,H_2O$).

Das wichtigste Sulfid ist der *Troilit* (FeS), der in Form von Knollen oder Platten, auch in unregelmäßigen Körnern in den Meteoriten auftritt. Abb. 63 zeigt Troilit-

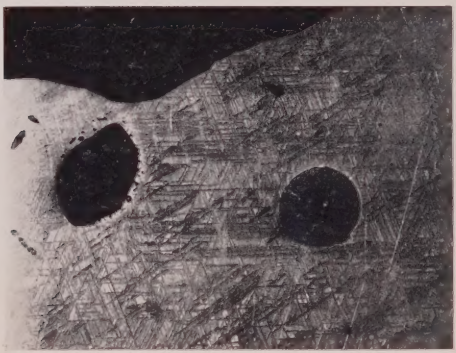

Abb. 63. Troilittropfen im Meteoreisen von Mukerop. SW.-Afrika.

tropfen im Eisen von Mukerop, Abb. 75, S. 92, plattenförmige Troilitausscheidungen in dem Eisen von Ilimaes, Chile. Er ist auf frischem Bruch schön bronzefarben glänzend. Seine chemische Zusammensetzung kommt im allgemeinen der Formel FeS sehr nahe, während das irdische Eisensulfid, der Magnetkies, meist einen Schwefelüberschuß aufweist. Der Nickel- und Kobaltgehalt des Troilits ist nur sehr gering.

Das zweite auf der Erde nicht bekannte Sulfid ist der *Daubréelith*, ein Eisen-Chrom-Sulfid ($FeCr_2S_4$). Er tritt meistens mit dem Troilit zusammen auf und ist in diesen mitunter in parallel gestellten Platten eingelagert. Abb. 64 zeigt

Troilit mit solchen Daubréelithplatten aus dem Meteoreisen von Buei Muerto, Chile.

Auch der *Schreibersit*, das Eisen-Nickel-Phosphid $(Fe, Ni, Co)_3P$, ist auf der Erde nur als Kunstprodukt bekannt und tritt in den Meteoriten in sehr verschiedener Form auf, einmal in unregelmäßigen oder hieroglyphenförmigen Gebilden, wie auf der Abb. 65 im Meteoreisen von San Juliano, Portugal, ferner in größeren, gut ausgebil-

Abb. 65. Hieroglyphenförmiger Schreibersit im Meteoreisen von San Juliano, Portugal.

deten Kriställchen, die die Troilitknollen umsäumen, oder auch selbständig, oft radialstrahlig verwachsen, im Meteoreisen. In diesen beiden Ausbildungen hat er sich aus der noch flüssigen Metallschmelze ausgeschieden. Weiterhin tritt er aber noch in außerordentlich dünnen Platten und in winzigen nadelförmigen Kriställchen, die den Namen *Rhabdit* bekommen haben, auf. Diese finden sich besonders häufig in den Hexaedrit genannten Meteoreisen und sind in ihnen gesetzmäßig nach bestimmten Flächen eingewachsen. Dieser Befund weist

Abb. 64. Parallele Platten von Daubréelith in Troilit des Meteoreisens von Buei Muerto.

darauf hin, daß sie sich erst aus dem bereits festgewordenen Eisen ausgeschieden haben, ein Vorgang, den man als Entmischung bezeichnet. Abb. 66 zeigt den Reichtum sowohl von Platten als auch von Nädelchen in dem Meteoreisen von Buei Muerto, Chile. Das Verhältnis von Eisen + Nickel + Kobalt zu Phos-

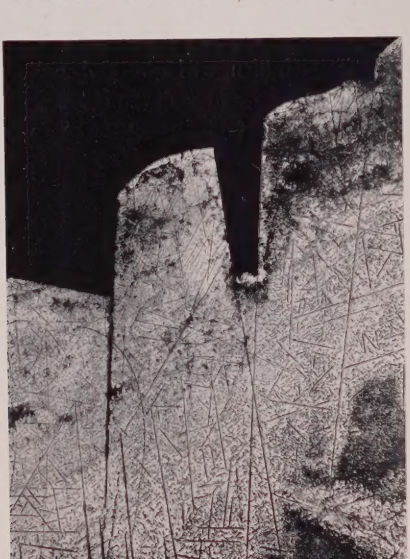

Abb. 66. Dünne Platten und Nädelchen („Rhabdit") von Schreibersit im Meteoreisen von Buei Muerto, Chile.

phor, das nach der Formel sich wie 3 : 1 verhalten soll, schwankt etwas, was in der Schwierigkeit begründet ist, sehr reines Material zu isolieren. Der Gehalt an Nickel + Kobalt ist wechselnd, etwa innerhalb der Grenzen von 10—30 % liegend. Der Schreibersit ist in den Meteoreisen leicht zu er-

kennen. Er hat hohen silberweißen Glanz, ist hart und spröde und bricht leicht heraus. In kalten, verdünnten Säuren ist er nicht löslich. Wenn oft auch nur in geringen Mengen, dürfte er in wohl allen Meteoreisen zu finden sein.

Viel seltener ist das Eisenkarbid, der *Cohenit*, $(Fe, Ni, Co)_3C$, das, nickel- und kobaltfrei, in der Eisenhüttentechnik als Zementit eine so große Rolle spielt und auch auf der Erde als seltenes Mineral auftritt. Äußerlich sieht der Cohenit dem Schreibersit sehr ähnlich und kann leicht mit ihm verwechselt werden.

Der *Lawrencit* ist das Eisenchlorür, $(Fe, Ni)Cl_2$, das infolge seines Nickelgehaltes grün gefärbt ist. Da es in feuchter Luft sehr stark Wasserdampf anzieht, findet man es meist nicht in fester Form, sondern als kleine Tröpfchen auf den Meteoreisen. Dem Meteoritensammler ist sein Auftreten sehr unwillkommen, da die Lawrencit enthaltenden Eisen sehr leicht rosten.

Der auf der Erde so weit verbreitete *Quarz* (SiO_2) ist in den Meteoriten außerordentlich selten, dagegen tritt eine zweite Modifikation der Kieselsäure, der *Tridymit*, in dem Meteoriten von Steinbach, Erzgebirge, in recht erheblicher Menge auf.

Der *Magnetit* (Fe_3O_4) ist, wenn er nicht als Schmelzrinde auftritt, recht selten, der *Chromit* ($FeCr_2O_4$) dagegen in kleinen Mengen weit verbreitet.

Einige Glieder der *Feldspatgruppe* kommen in manchen Steinmeteoriten ziemlich reichlich vor. Sie gehören stets zu den *Plagioklasen* (Kalknatronfeldspäte). Abb. 77, S. 94 zeigt ein mikroskopisches Bild dieser Feldspäte. Ihr Gehalt an Kalkfeldspat schwankt von etwa 25—95%. Sehr merkwürdig und auf der Erde nicht bekannt ist der *Maskelynit*, eine anscheinend glasige Substanz von der ungefähren Zusammensetzung des Labradorits (1 Albit : 1 Anorthit).

Magnesia-Eisen-Silikate, der *Enstatit*, *Bronzit* und *Hypersthen* — Mineralien, die nach der Formel $(Mg, Fe)SiO_3$ zusammengesetzt sind, wobei der Enstatit das eisenärmste, der Hypersthen das eisenreichste Glied der Reihe darstellt — treten bei gewissen Meteoritenarten sehr reichlich auf. Ihr

Gehalt an Eisenoxydul (FeO) schwankt etwa zwischen 0 und 25%.

Auch Kalk-Magnesia-Eisen-Silikate sind in den Steinmeteoriten weit verbreitet, unter ihnen besonders eine magnesiareiche Abart, der sogenannte *Clinoenstatit*. Weiter treten noch auf *Diopsid*, $CaMg(SiO_3)_2$, *Hedenbergit*, $CaFe(SiO_3)_2$, und *Augit* (zugleich noch tonerdehaltig), dagegen fehlen die sogenannten Alkaliaugite.

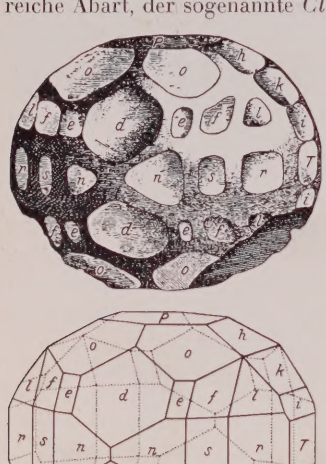

Abb. 67. Olivinkorn mit Kristallfacetten aus dem Pallasit von Krasnojarsk, Rußland. Die untere Figur zeigt die Ergänzung der Facetten zu sich in scharfen Kanten schneidenden Kristallflächen. (Nach Kokscharow, Mater. Mineral. Rußlands 6.)

Nächst dem Nickeleisen ist der *Olivin*, $(Mg, Fe)_2SiO_4$, der häufigste Bestandteil der Meteoriten. Vor allem in der Gruppe der Pallasite (vgl. Tab. 14, S. 98, und Abb. 76, S. 93) tritt er in großen rundlichen oder eckigen Körnern auf, die mitunter Kristallflächen zeigen. Abb. 67 gibt ein solches Olivinkorn mit Kristallfacetten aus dem Pallaseisen (Krasnojarsk, Rußland) wieder. Der Eisenoxydulgehalt der meteoritischen Olivine schwankt etwa zwischen 11 und 30%.

Die Struktur der Meteoriten. All die Meteoritenmineralien verwachsen nun zu mehr oder weniger festen Aggregaten, zu den Körpern, die sich uns als Meteoriten darbieten. Die Art und Weise, wie diese Verwachsung erfolgt, ist oft recht charakteristisch und ein wichtiges Merkmal, um die verschiedenen Unterarten der Meteoriten voneinander zu unterscheiden. Wir wollen diese Verwachsungseigentümlichkeiten der Meteoritenmineralien als Struktur bezeichnen. Sie hängt sehr weitgehend von dem mineralischen Bestand der Meteoriten

ab, und wir wollen daher die Strukturen der beiden Hauptgruppen der Meteoriten, der schon mehrfach erwähnten Meteoreisen und Meteorsteine, getrennt betrachten. Dazu wollen wir noch eine dritte Gruppe ausscheiden, die den Übergang zwischen den beiden erstgenannten bildet und bei der steiniges und metallisches Material sich etwa im gleichen Maße am Aufbau beteiligt.

Wir beginnen mit der *Struktur der Eisenmeteoriten.* Um diese gut erkennen zu können, stellen wir an dem zu untersuchenden Meteoreisen mit einer Metallsäge eine ebene Schnitt-

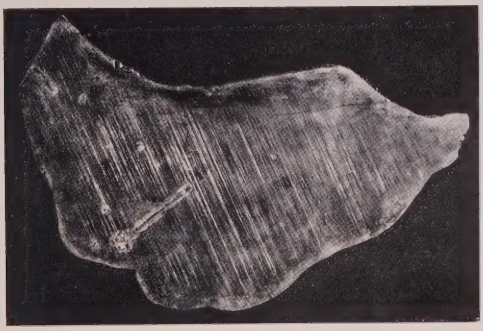

Abb. 68. Neumannsche Linien im Meteoreisen von Buei Muerto, Chile.

fläche her, oder noch besser, wir schneiden uns eine Platte des Eisens ab. Diese wird fein geschliffen und auf Hochglanz poliert. Bereits danach zeigen viele Eisenmeteoriten ihre Struktur. Noch viel augenfälliger kommt sie jedoch heraus, wenn man die polierte Fläche mit stark verdünnter alkoholischer Salpetersäure ätzt.

Derartig behandelte Platten zeigen nun ein verschiedenes Verhalten. Bei einem Teil der Meteoreisen treten Parallelscharen von sehr feinen Linien auf, nach dem Entdecker „*Neumannsche Linien*" genannt, die sich mannigfaltig durchkreuzen. Mitunter tritt ein solches Liniensystem ganz besonders deutlich hervor, wie es die Abb. 68 vom Meteoreisen von Buei Muerto, Chile, sehr schön zeigt. Diese Linien stellen

in Wirklichkeit Querschnitte durch äußerst dünne Platten dar, die in dem Hauptteil des Eisens gesetzmäßig als sogenannte Zwillingslamellen eingelagert sind. Sie entstehen durch mechanische Beanspruchungen, und bei manchen Meteoreisen kann man nachweisen, daß sie sich erst beim Aufschlag des Meteoriten auf dem Erdboden gebildet haben. Die Eisen mit Neumannschen Linien zeigen gleichzeitig noch eine andere Eigentümlichkeit: sie lassen sich leicht nach drei aufeinander senkrecht stehenden Flächen zerteilen. Wegen dieser Spaltbarkeit nach dem Würfel (Hexaeder) werden sie „*Hexaedrite*" genannt. Sie bestehen in chemischer Hinsicht aus einer einheitlichen Nickeleisenlegierung, dem Kamazit (s. u.).

Abb. 69. Widmannstettersche Figuren im Meteoreisen von Mukerop, SW.-Afrika.

Weitaus häufiger jedoch zeigen die Meteoreisen nach dem Ätzen eine viel gröbere und augenfälligere Struktur. Wiederum treten Parallelscharen von Lamellen auf, die sich unter verschiedenem Winkel kreuzen und zwischen sich mehr oder weniger große Felder einschließen. Diese Lamellen sind im Gegensatz zu den Neumannschen Linien oft recht breit, etwa 0,2 bis über 2,5 mm. Abb. 69 zeigt diese Struktur. Man hat die charakteristischen Figuren, die diese Lamellen bilden, nach ihrem Entdecker „*Widmannstettersche Figuren*" genannt. Sieht man sich diese Figuren unter dem Mikroskop — bei groben Lamellen genügt bereits eine Lupe — an, so kann man deutlich zwei Elemente unterscheiden: das nickelarme *Balkeneisen* oder den *Kamazit* (nach dem griechischen Wort für Balken), das den Hauptteil der Lamellen bildet und von Säuren leicht angegriffen wird, und zweitens das nickelreiche *Bandeisen* oder den *Tänit* (nach dem griechi-

schen Wort für Band), der viel schwerer von der Säure angegriffen wird. Der Tänit legt sich zu beiden Seiten als schmales Band an die viel dickeren Balken an. Abb. 70 zeigt das mikroskopische Bild und läßt die beiden Strukturelemente deutlich hervortreten. Das deutliche Sichtbarwerden der Figuren beim Ätzen wird durch die verschiedene Widerstandsfähigkeit der beiden Nickeleisenlegierungen gegen die Säure verursacht. Die widerstandsfähigeren Tänitplatten ragen als feine Leisten hervor, während die Balken vertieft sind. Wenn man lange genug ätzt, kann das Relief so stark werden, daß man die Meteoreisenplatte unmittelbar als Druckstock benutzen kann. Makroskopisch macht sich noch ein drittes Strukturelement bemerkbar, das *Fülleisen* oder der *Plessit* (nach dem griechischen Wort für Fülle). Es füllt die Zwickel zwischen den Lamellen aus. Der Plessit ist jedoch keine neue Legierung, sondern er besteht ebenfalls aus Kamazit und Tänit, die sich auf das innigste durchdringen.

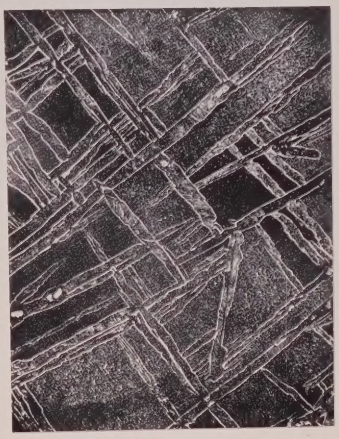

Abb. 70. Widmannstettersche Figuren im Meteoreisen von Jewell Hill, USA. Etwa 4mal vergrößert. (Nach Vogel, Abh. Ges. Wissensch., Göttingen. 1927.)

Wie kommt nun diese bereits bei bloßer Betrachtung sich als gesetzmäßig erweisende *Anordnung der Lamellen* zustande? Nähere Untersuchung zeigt, daß diese Meteoreisen aus Nickeleisenplatten, deren Querschnitte auf der Schnittfläche die Lamellen darstellen, aufgebaut sind. Diese Platten bestehen aus Kamazit und sind umhüllt von einem dünnen Belag von Tänit. Ihre Anordnung geht parallel den vier Flächenpaaren des Oktaeders. Was ein Oktaeder ist, zeigt die Abb. 71, eine aus 8 gleichseitigen Dreiecken aufgebaute

Doppelpyramide. Immer zwei Flächen laufen parallel, so daß insgesamt vier verschiedene Flächenlagen zustande kommen. Ein solches Oktaeder können wir uns herstellen durch Heraussägen aus einem massiven Holzblock, wir können es aber auch aufbauen, indem wir Holzbrettchen unter dem Winkel der Oktaederflächen aufeinanderleimen und dabei die Brettchen sich gegenseitig etwas durchstoßen lassen. Damit haben wir ein Modell dieser Struktur. Sägen wir nun von unserem Modell eine Platte parallel einer Oktaederfläche ab, wie es in der Abb. 71a angedeutet ist, so bekommen wir eine Zeichnung, wie sie das natürliche Meteoreisen aufweist. Die Querschnitte unserer Brettchen liefern die Balken, die sich bei der gewählten Schnittlage unter 60° schneiden und die ihrerseits auf beiden Seiten von dünnen Leimschichten begleitet werden, ganz wie der Kamazit von dem Tänit. Schneidet man eine andere Fläche an, so wird die Zeichnung etwas anders, die Balken schneiden sich je nach der Schnittlage unter verschiedenen Winkeln, in der Abb. 71 sind einige verschiedene Schnittlagen zur Darstellung gebracht. Genau die gleichen Figuren finden wir in den Meteoreisen wieder. Ging der Schnitt, mit dem wir die Platte abtrennten, zufällig einer Oktaederfläche parallel, bekommen wir Lamellenwinkel von 60°, ging er der Würfelfläche parallel (Abb. 71b), solche von 90°. Da man ohne besondere Hilfsmittel im allgemeinen dem Meteoreisenblock, von dem wir die Platte abschneiden, nicht ansehen kann, wie er orientiert ist, wird die Schnitt-

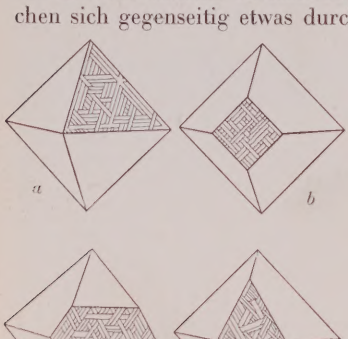

Abb. 71. Form der Widmannstetterschen Figuren in Abhängigkeit von der Schnittlage. *a* = Schnitt // einer Oktaederfläche; *b* = Schnitt // einer Würfelfläche; *c* = Schnitt // einer Rhombendodekaederfläche; *d* = beliebige Schnittlage. (Nach Tschermak, Lehrbuch der Mineralogie. 1894.)

fläche meistens nicht eine solch ausgezeichnete Lage haben wie die eben erwähnten. Dementsprechend bekommen wir Lamellenwinkel, wie sie etwa die Abb. 71d wiedergibt. Aus ihnen kann man umgekehrt die Schnittlage berechnen. Meteoreisen, die diesen Aufbau nach dem Oktaeder zeigen, werden „*Oktaedrite*" genannt.

Außer durch Ätzen kann der oktaedrische Aufbau auch durch mäßiges Erhitzen der polierten Platte gut sichtbar gemacht werden. Wenn man blankes Eisen kurze Zeit in eine Flamme hält, läuft es bekanntlich bunt an. Macht man den

Abb. 72. Meteoreisenvielling von Amalia Farm bei Gibeon, SW.-Afrika. (Nach Scheibe.)

Versuch mit der Meteoreisenplatte, so tut sie dasselbe. Da aber die beiden Nickeleisenlegierungen verschieden stark anlaufen, so tritt auch auf diese Weise die Struktur als schönes buntes Bild hervor.

Die *Entstehung des oktaedrischen Gefüges* erfolgt wahrscheinlich beim Kristallisieren des Nickeleisens aus dem Schmelzfluß durch komplizierte Vorgänge, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann. Sie sind auch noch nicht vollständig geklärt, und es ist bis heute nicht möglich gewesen, die Struktur künstlich nachzuahmen.

Die Orientierung der Lamellen ist oft selbst bei zentnerschweren Blöcken durch und durch einheitlich, anzeigend,

daß der Block bei seiner Bildung gewissermaßen ein einheitliches Individuum war. Bei anderen Eisen wird ein Lamellensystem längs einer scharfen Grenze plötzlich abgeschnitten, und jenseits der Grenze tritt ein anders orientiertes auf. Ein solcher Block besteht demnach aus zwei, drei oder mehr Individuen, je nach der Anzahl der Lamellensysteme. Abb. 72 zeigt einen Schnitt durch einen solchen

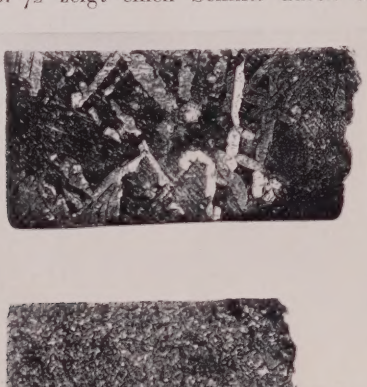

Abb. 73. Meteoreisen von Toluca, Mexiko. Oben: vor, unten: nach Erhitzung auf 950°. (Nach Berwerth, Sitz.-Ber. Akadem. Wien. 1905.)

„Vielling" (es sind acht Lamellensysteme zu erkennen) von Amalia Farm bei Gibeon, Südwestafrika. Hier sind die Teile nicht beliebig aneinandergefügt, sondern auch wieder unter sich gesetzmäßig verwachsen.

Sehr bemerkenswert ist nun, daß dieses ausgesprochen oktaedrische Gefüge, das weitaus die Hauptmenge der Meteoreisen zeigt, nicht beständig ist. Erhitzt man nämlich eine Oktaedritplatte längere Zeit auf etwa 900°, also noch weit unterhalb des Schmelzpunktes des Nickeleisens, so gelingt es, die Struktur völlig zum Verschwinden zu bringen. Es entsteht

dabei ein feinkörniges Gefüge, wie es die Abb. 73 am Meteoreisen von Toluca, Mexiko, zeigt, das auch beim Abkühlen erhalten bleibt. Es gelingt nicht, wieder oktaedrische Lamellen zu bekommen. Ihr Auftreten in den Meteoreisen ist daher ein augenfälliger Beweis dafür, daß die Oktaedrite nach ihrer Bildung nicht wieder längere Zeit erhitzt worden sind und daß somit auch die Erwärmung beim Fluge durch die Atmosphäre nicht hoch genug oder zu kurz war, um die Umwandlung in das feinkörnige Gefüge zu bewirken.

Eine ganz ähnliche feinst- bis feinkörnige Struktur, wie die beim Erhitzen entstehende, zeigt nun eine dritte Gruppe der Meteoreisen, die sogenannten „*Ataxite*" (= ohne Struktur). Sie lassen beim Ätzen weder Neumannsche Linien noch Widmannstettersche Figuren erkennen, sie lassen sich auch nicht nach dem Würfel spalten. Diese Gruppe ist am schwierigsten von irdischen Kunstprodukten zu unterscheiden. Mindestens für einen Teil dieser Eisen ist anzunehmen, daß sie ihre Struktur durch eine nachträgliche Erhitzung erhalten haben, also nichts anderes als umgewandelte Oktaedrite sind. Abb. 74 gibt ein Beispiel für diese Ataxitstruktur.

Abb. 74. Ataxitstruktur des Meteoreisens von Chesterville, USA. Etwa 70mal vergrößert. (Nach Vogel, Abh. Ges. Wissensch., Göttingen 1927.)

Die *chemische Analyse der beiden Strukturelemente* Kamazit und Tänit hat ergeben, daß der erstgenannte einen Nickelgehalt von etwa 6—7% aufweist, von derselben Höhe also wie das Nickeleisen der Hexaedrite. Diese bestehen nur aus Kamazit. Der Tänit ist bedeutend nickelreicher, sein Gehalt an diesem Element schwankt zwischen 13 und 47%

etwa. Je nach dem Mengenverhältnis der beiden Legierungen ist dementsprechend auch der Nickelgehalt der Gesamtmeteoreisen verschieden. Die Hexaedrite haben den niedrigsten, die Oktaedrite einen wechselnden von 7 bis ca. 15%. Die Ataxite erstrecken sich in bezug auf ihren Nickelgehalt über den der beiden anderen Gruppen, man kann eine nickelarme und eine nickelreiche Ataxitgruppe unterscheiden.

Außer diesen Strukturen, die durch Kristallisation aus der Schmelze resp. durch nachträgliche Umwandlung im festen Zustande entstanden sind, gibt es noch solche, die eine *Entmischung der Schmelze* bereits im flüssigen Zustand anzeigen. Dies ist der Fall bei den kugeligen Troilitknollen. Die Eisensulfidschmelze ist mit einer phosphorhaltigen Eisenschmelze nur in beschränktem Maße mischbar und scheidet sich in Form von Tropfen aus (vgl. Abb. 63, S. 80). Mitunter ist der Troilit auch in dünnen Platten abgeschieden worden, die nicht selten gesetzmäßig in dem Meteoreisen eingelagert sind. Man bezeichnet solche Lamellen als „Reichenbachsche Lamellen", nach dem Meteoritenforscher Reichenbach. Abb. 75 gibt solche im Eisen von Ilimaes, Chile, wieder.

Abb. 75. Reichenbachsche Lamellen im Meteoreisen von Ilimaes, Chile. (Nach Tschermak, Denkschr. Akad. Wien. 1871.)

Solche *Tropfenbildung* zeigt in noch viel ausgesprochenerem Maße oft die Gruppe der Meteoriten, die die Übergänge von den Eisen zu den Steinen umfaßt. Bei diesen Übergangstypen beteiligen sich außer Nickeleisen und dem fast immer vorhandenen Troilit und Schreibersit auch noch Silikate wesentlich am Aufbau. Die charakteristischsten Vertreter dieser Gruppe sind die *Pallasite* (nach dem Forschungsreisenden Pallas benannt). Das Nickeleisen, das

selbst normale oktaedrische Struktur zeigt, bildet ein zelliges, schwammartiges Gerüst, in dessen Hohlräumen teils rundliche, tropfenförmige, teils eckige Olivine sitzen. Bei einer anderen Gruppe, den *Siderophyren*, tritt an Stelle des Olivins Bronzit. Die Silikatkörner können Durchmesser bis über einen Zentimeter erreichen. Troilit und Schreibersit treten in geringerer Menge hinzu. Abb. 76 gibt dieses Gefüge am Pallasit von Brenham, Kansas, USA., wieder. Es ist das typische *Bild einer erstarrten Emulsion.* Als Emulsion bezeichnet man die tropfenförmige Verteilung einer Flüssigkeit in einer anderen, mit der sie nicht oder nur beschränkt mischbar ist. Sie entsteht z. B., wenn wir Öl mit Wasser tüchtig schütteln, auch die Milch ist eine Emulsion von Fetttröpfchen in einem wässerigen Mittel. Bei dem großen Dichteunterschied der Eisenschmelze, Sulfidschmelze und Silikatschmelze, die bei diesen Meteoriten die nicht mischbaren Flüssigkeiten bilden, müßte man annehmen, daß sich diese unter dem Einfluß der Schwerkraft in drei Schichten nach ihrer Dichte ansammeln würden, zuunterst die schwerste Eisenschmelze, dann die Sulfidschmelze und zuoberst die leichteste Silikatschmelze. Für unsere Erde z. B. wird eine solche Trennung, „Saigerung", wie der Hüttenmann sagt, angenommen. Daß das bei den Übergangstypen nicht der Fall ist, wird dahin gedeutet, daß das Schwerefeld zu klein gewesen ist, um die Reibung an den Grenzflächen der Tropfen zu überwinden. Die leichteren Sulfid- und Silikattropfen konnten nicht aufsteigen und sich zu Schichten vereinigen, so wie die Fetttröpfchen der Milch beim Stehen allmählich nach oben kommen und die Rahmschicht bilden. Da nun mit einem geringen Schwerefeld auch eine verhältnismäßig ge-

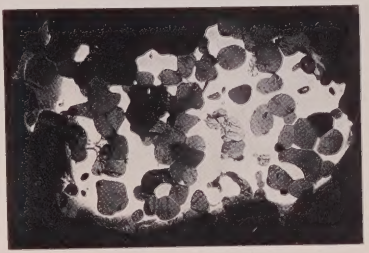

Abb. 76. Pallasit von Brenham. Emulsionsstruktur.

ringe Masse verbunden ist, wird aus dem Auftreten dieser Pallasite gefolgert, daß der Himmelskörper, in dem sie sich bildeten, verhältnismäßig klein gewesen ist.

Mit zunehmendem Silikatgehalt tritt der Zusammenhang des Nickeleisens immer mehr zurück, bis es bei den eigentlichen Steinmeteoriten nur noch in einzelnen, meist recht kleinen Körnern vorkommt.

Die *Steinmeteoriten* können ihrer *Struktur* nach wiederum in zwei Hauptgruppen geteilt werden. Die eine Gruppe erweist sich in Mineralbestand und teilweise in der Struktur

Abb. 77 a.

Abb. 77 b.

Abb. 77. a) Mikroskopische Struktur des Eukrites von Juvinas, Frankreich. b) Desgleichen des eisenführenden Basaltes von Ovifak, Grönland. Vergrößerung etwa 40fach. (Nach Tschermak, Mikr. Beschaffenh. d. Meteoriten. 1883.)

ähnlich gewissen kieselsäurearmen irdischen Eruptivgesteinen, wie manchen Basalten (wesentlicher Mineralbestand: Plagioklas und Augit), Peridotiten (wesentlich Olivin) und Pyroxeniten (wesentlich Pyroxen). Diese Meteoriten werden *Achondrite* genannt, weil ihnen sehr charakteristische Gebilde, die kugelförmigen Chondren (s. u.), fehlen. Abb. 77 gibt ein mikroskopisches Bild der Struktur einer Untergruppe der Achondrite, eines *Eukrites*, wieder und daneben das Strukturbild eines irdischen Basaltes. Die hellen Leisten sind Plagioklas, die dunklen Körner Pyroxen. Nickeleisen ist in diesen Meteoriten recht selten.

Weitaus die Hauptmenge der Meteorsteine gehört aber zu

der zweiten Gruppe, den *Chondriten*, die ihren Namen nach den in ihnen auftretenden kleinen Kügelchen (griech. chondros = das Korn) führen. Die Abmessungen dieser Chondren schwanken von mikroskopischen bis zu denen von Erbsen. Abb. 78 zeigt solche schon makroskopisch erkennbare Chondren aus dem Meteorstein von Bjurböle, Finnland. Die Form ist meist nur bei den kleinen genau kugelig. Ihre Zahl, Größe und Farbe wechselt sehr. Bei manchen Chondriten sitzen sie fest in der Grundmasse und zerbrechen mit, wenn man den Stein zerbricht. Bei anderen wieder können sie leicht herausgelöst werden, ohne zu zerbrechen. Fast alle Mineralien der Steinmeteoriten können Chondren bilden, besonders häufig sind solche aus Bronzit oder Olivin. Ihr innerer Aufbau ist, wie die mikroskopische Untersuchung zeigt, recht verschieden. Es gibt solche, die aus einem körnigen Aggregat bestehen, andere haben sogenannte porphyrische Struktur (größere Einzelkristalle liegen in einer feinkörnigen oder glasigen Grundmasse). Besonders bei Enstatitchondren findet sich häufig eine exzentrisch strahlige Struktur. In Abb. 79 sehen wir ein strahliges und ein porphyrisches Chondrum aus dem Chondrit von Homestead, Iowa, USA., rund

Abb. 78. Chondren aus dem Chondrit von Bjurböle, Finnland. (Nach Merrill, US. Nation. Mus. Bull. 149.)

Abb. 79. Chondren im Chondrit von Homestead, USA. (Nach Tschermak.)

40fach vergrößert. Noch ein anderes Gefüge gibt Abb. 80 wieder, ein Olivinchondrum aus dem Meteorstein von Mezö-Madaras, Siebenbürgen. Größere Chondren haben mitunter kleinere oder Bruchstücke von anderen eingeschlossen. Manche bestehen aus einem einzigen Kristall, andere aus mehreren.

Die *Struktur der Chondrite* als Ganzes ist teilweise kristallinisch körnig, teilweise ausgesprochen tuffartig. Als Tuffe werden solche Gesteine bezeichnet, deren Material aus vulkanischen Aschen und Bomben besteht. Die Chondrite enthalten fast immer Nickeleisen in geringer Menge, das in Form fetziger oder rundlicher Körner beigemengt ist und sich nach längerem Liegen auf der Erdoberfläche oft durch einen braunen Rosthof verrät. Auch Troilit beteiligt sich am Aufbau.

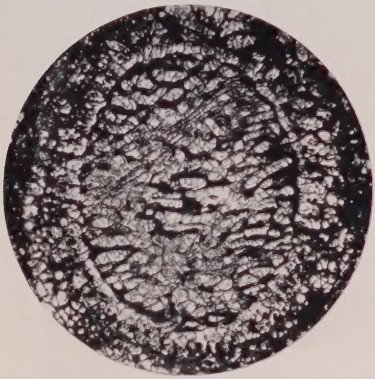

Abb. 80. Olivinchondrum im Chondrit von Mezö-Madaras, Siebenbürgen. Vergrößerung etwa 45fach. (Nach Tschermak.)

Die Frage der *Entstehung der Chondren und der Chondrite* ist noch nicht völlig geklärt. Die ausgesprochene Tuffnatur einer Anzahl dieser Meteoriten macht eine Entstehung analog der der irdischen Tuffgesteine nicht unwahrscheinlich. Die Chondren selbst werden als erstarrte Schmelztropfen aufgefaßt, die bei vulkanischen Eruptionen auf den Himmelskörpern, auf denen sich diese Meteoriten bildeten, herausgeschleudert wurden. In irdischen Gesteinen sind echte Chondren noch niemals beobachtet worden.

Klassifikation der Meteoriten. Wir haben nunmehr die wichtigsten Daten über Chemismus, Mineralbestand und Struktur der Meteoriten kennengelernt. Die Kenntnis dieser drei Faktoren erlaubt es uns, die Vielheit der Erscheinungs-

formen, in der die Meteoriten uns entgegentreten, auf dieser Grundlage zu ordnen, sie in ein System zu bringen. Dieses System wurde im wesentlichen durch die Arbeiten des Berliner Meteoritenforschers Rose, der drei Wiener Tschermak, Brezina und Berwerth und des Engländers Prior begründet. Wir wissen schon aus den bisherigen Darlegungen, daß wir die Meteoriten in zwei große Hauptgruppen einteilen können, in die *Meteoreisen* und die *Meteorsteine*. Der Struktur und dem Chemismus nach zerfallen die Meteoreisen in *Hexaedrite, Oktaedrite* und *Ataxite*, die Meteorsteine in *Achondrite* und *Chondrite*. Zwischen beiden Hauptgruppen vermitteln die *Übergangsformen*, die man entweder auf die beiden anderen verteilen oder als dritte Gruppe ausscheiden kann. In der nachfolgenden Tabelle sind außer diesen Hauptabteilungen noch einige Unterabteilungen angeführt.

III. Herkunft und Entstehung der Meteoriten.

Das Alter der Meteoriten. Auf ganz ähnliche Weise wie bei irdischen Mineralien und Gesteinen ist es neuerdings Paneth und seinen Mitarbeitern gelungen, Aussagen über das Alter der Meteoriten zu machen, die für die Frage ihrer Herkunft von großem Interesse sind. Er benutzte die sogenannte *Heliummethode*. Wir wissen, daß eine Anzahl chemische Elemente spontan zerfallen und sich in andere Elemente umwandeln. Es gelingt mit keinem Mittel, diesen Zerfall irgendwie zu verhindern. Das in weiten Kreisen bekannteste dieser radioaktiven Elemente ist das Radium. Dieses selbst ist aber schon ein Zerfallsprodukt des Mutterelementes Uran und zerfällt weiter in ein anderes Element, die Radiumemanation, das seinerseits wieder zerfällt usf. Die beiden stabilen, nicht weiter zerfallenden Endprodukte dieser „Zerfallsreihe" sind das Uranblei und das Helium. Die Beobachtung hat nun gezeigt, daß durch diesen Zerfall aus einem Atom Uran ein Atom Blei und acht Atome Helium entstehen. Wenn wir genügend Sicherheit haben, daß das in einem Mineral, Gestein oder, wie in unserem Fall, in einem

Tabelle 14.

	Wesentlicher Mineralbestand	Beispiel
I. Steinmeteoriten. Silikate vorherrschend gegenüber den metallischen Teilen.		
A. Chondrite		
1. Enstatit-Chondrite	Enstatit mit wenig Ni-Eisen	Hvittis, Finnland
2. Bronzit-Olivin-Chondrite . . .	Bronzit, Olivin und wenig Ni-Eisen	Bremervörde, Hannover; Pultusk (Polen)
3. Hypersthen-Olivin-Chondrite .	Hypersthen, Olivin und wenig Ni-Eisen	Meuselbach (Thüringen); Mocs (Siebenbürg.)

Weitere Unterteilung nach Farbe (weiß, intermediär, grau, schwarz), Struktur (kristallin, brecciös, geadert) und besonderer Zusammensetzung (kohlig).

B. Achondrite		
a) Kalziumarm		
1. Aubrite	Enstatit	Aubres (Frankreich)
2. Ureilite	Clinobronzit, Olivin	Novo-Urei (Rußland)
3. Diogenite[1]	Hypersthen	Ibbenbüren (Westfalen)
4. Amphoterite[2] und Rodite .	Hypersthen, Olivin	Roda (Spanien)
5. Chassignite	Olivin	Chassigny (Frankreich)
b) Kalziumreich		
6. Angrite	Augit	Angra dos Reis (Brasilien)
7. Nakhlite	Diopsid, Olivin	Nakhla (Ägypten)

8. Eucrite[3] und Shergotitte. .	Clinohypersthen, Anorthit, desgl. mit Maskelynit anstatt Plagioklas	Stannern (Mähren) Shergotty (Indien)
9. Howardite[4]	Hypersthen, Olivin, Clinohypersthen, Anorthit	Bialystock (Polen)
C. Siderolithe[5]. Übergänge von den Steinen zu den Eisen, Silikate überwiegend		
1. Lodranite	Bronzit, Olivin, Ni-Eisen	Lodran (Indien)
2. Mesosiderite	Desgl.	Hainholz (Westfalen)
3. Grahamite[6]	Desgl. mit Plagioklas	Vaca Muerta (Chile)
II. Eisenmeteoriten. Metallische Teile vor- oder alleinherrschend		
A. Lithosiderite[5]. Übergänge von den Eisen zu den Steinen. Eisen überwiegend		
1. Siderophyre[7]	Bronzit, Tridymit, Troilit, Ni-Eisen	Steinbach (Sachsen)
2. Pallasite[8]	Olivin, Ni-Eisen, Troilit	Krasnojarsk (Sibirien)
B. Hexaedrite	Kamazit, Troilit	Braunau (Böhmen)
C. Oktaedrite (mit gröbsten, groben, mittleren, feinen, feinsten Lamellen)	Kamazit, Tänit, Troilit	Seeläsgen (Brandenburg), Ogg. Canon Diablo (Arizona), Og. Toluca (Mexiko), Om. Mukerop (S.-W.-Afrika), Of. Bacubirito, Off.
D. Ataxite		
1. Nickelarme Ataxite	Ni-Eisen	Chesterville (S.-Karol., USA.)
2. Nickelreiche Ataxite	Desgl.	Babbs Mill. (Tennessee, USA.)

[1] Nach Diogenes von Apollonia. — [2] Nach griech. amphoteroi = beide (Olivin und Hypersthen) enthaltend. — [3] Nach griech. eucritos = deutlich (Mineralbestand wegen der Größe der Körner leicht bestimmbar). — [4] Nach dem Chemiker Howard. — [5] Nach griech. sideros = Eisen, lithos = Stein. — [6] Nach dem Chemiker Graham. — [7] Nach dem griech. sideros = Eisen, phyrao = kneten. — [8] Nach dem Forschungsreisenden Pallas.

Meteoriten vorhandene Helium radioaktiver Entstehung ist und daß ferner seit seiner Bildung kein Helium aus dem Meteoriten entwichen ist, so können wir aus der im Meteoriten feststellbaren Zahl der Heliumatome die Zahl der Uranatome berechnen, die seit seiner Bildung zerfallen sind. Wenn wir nun noch weiter den Urangehalt des Meteoriten feststellen können, dann ist es möglich, auch die Zeit zu berechnen, die zur Bildung der gefundenen Heliummenge notwendig war, da durch Experimente bekannt ist, mit welcher Geschwindigkeit der Zerfall vor sich geht. Das Verhältnis des gefundenen Heliums zu dem gefundenen Uran ist proportional der Zeit. Die Menge des Heliums in den Meteoriten ist, ähnlich wie in den irdischen Gesteinen, außerordentlich gering, und es mußte eine sehr empfindliche Methode ausgearbeitet werden, um das Element quantitativ nachweisen zu können. Mit Hilfe der Panethschen Apparatur sollen noch Heliummengen von $^1/_{1\,000\,000}$ ccm nachgewiesen werden können. Auch der Urangehalt ist sehr gering. Er wird nicht chemisch bestimmt, sondern aus dem mit Hilfe von physikalischen Methoden sehr genau feststellbaren Radiumgehalt berechnet. In der Tabelle 15 sind die Untersuchungsergebnisse an einer Anzahl Meteoreisen zusammengestellt.

Nach allen Beobachtungen kommt keinem Meteoreisen ein höheres Alter als rund 3×10^9 zu (gleich 3 Milliarden Jahre). Für irdische Mineralien wurde ein maximales Alter von $1{,}6 \times 10^9$ festgestellt, also ein Wert von gleicher Größenordnung. Das ist ein sehr wichtiger Befund, den wir uns für später merken wollen.

Untersuchungen an den wichtigsten sonstigen Mineralien der Eisenmeteoriten ergab, daß der Heliumgehalt des Troilits und des Schreibersits von derselben Größenordnung ist wie der des Nickeleisens. Bei Pallasiten und Mesosideriten zeigte sich, daß nicht nur der Heliumgehalt des Silikates den des Nickeleisens um das Mehrfache übertrifft, sondern daß auch das Helium innerhalb des silikatischen Anteils ungleichmäßig verteilt sein kann.

Als *mittlerer Urangehalt* von 17 Meteoriten wurden 2,3

millionstel g/g Material gefunden. Eine Mischprobe aus 20 Steinmeteoriten zeigte einen Radiumgehalt von $1{,}10 \cdot 10^{-13}$ g Radium im Gramm Substanz ($10^{-13} = {}^{1}/_{10\,000\,000\,000\,000}$). Ihr Radiumgehalt ist also um eine ganze Zehnerpotenz höher als der der Eisenmeteoriten. Er schließt sich gut an dem der irdischen kieselsäureärmsten Eruptivgesteine an, bei denen er $3 \cdot 10^{-13}$ beträgt.

Tabelle 15.

Name des Meteoreisens	Helium in millionstel ccm/g Substanz	Radium in hundertbillionstel ($1/10^{14}$) g/g Substanz	Alter in Millionen Jahren
Mukerop (S.-W.-Afrika)	0,43	1,3	100
Toluca (Mexiko)	5,82	17,0	100
Seeläsgen (Brandenburg)	2,0	4,9	120
San Martin (Chile)	2,13	1,4	420
Mount Joy (Pennsylv., USA.)	9,7	4,7	570
San Angelo (Texas, USA.)	11,86	4,2	800
Charcas (Mexiko)	15,65	4,4	1000
N'Goureyma (Westafrika)	13,91	2,9	1250
Sacramento Mts. (New Mexiko, USA.)	15,03	2,5	1550
Seneca Falls (New York, USA.)	15,03	2,0	1900
Staunton (Virginia, USA.)	18,92	2,4	2000
Wichita (Texas, USA.)	11,50	1,3	2100
Williamstown (Kentucky, USA.)	20,77	2,1	2400
Nelson Co. „ „	20	1,8	2600
Mount Ayliff (Südafrika)	35,81	2,8	2900

Im Zusammenhang mit dem Alter der Meteoriten taucht auch die Frage auf: *Kennen wir Meteoriten aus früheren geologischen Epochen der Erde*? Trafen diese Himmelsboten schon immer auf der Erde auf, oder sind wir erst in der jüngsten Zeit — geologisch gesprochen — mit ihnen zusammengestoßen? Von den bekanntgewordenen Meteoriten sollen die ältesten (Chihuahua, Mexiko) vielleicht tertiäres Alter besitzen. Noch ältere sind auch nicht vermutungsweise bekannt. Für die Steinmeteoriten ist dieser Befund nicht weiter verwunderlich. Bei ihrer leichten Verwitterbarkeit und bei ihrer Ähnlichkeit im Chemismus und Mineralbestand mit irdischen Gesteinen werden sie kaum in geologisch älteren

Schichten zu entdecken sein. Dagegen müßte das Vorhandensein von Eisenmeteoriten, besonders wenn es sich um große Blöcke handelt, eigentlich wegen der ganz andersartigen Stoffkonzentration nachgewiesen werden können. Daß das bis jetzt noch nicht möglich gewesen ist, läßt jedoch nicht den Schluß zu, daß es in früheren geologischen Perioden keine Meteoriten gegeben hat. Wir müssen bedenken, wie außerordentlich wenig — in quantitativer Hinsicht — wir erst von jenen älteren Schichten wirklich genau kennen, so daß die Wahrscheinlichkeit, ein solches altes Meteoreisen zu finden, ganz außerordentlich gering ist, um so geringer, als auch die Erhaltungsmöglichkeiten nur unter besonderen Umständen vorhanden gewesen sein werden. Die Frage muß also zunächst noch offen bleiben.

Die Herkunft der Meteoriten. Welche Schlüsse läßt nun all das gesammelte und gesichtete Material über die Meteoriten hinsichtlich ihrer Entstehung und Herkunft zu? Dies ist die letzte und wichtigste Frage, die wir uns vorlegen wollen.

Wie wir in dem historischen Überblick gesehen haben, scheidet schon seit Chladni die Meinung aus, daß es sich um irdische Körper handele, etwa um Auswürflinge von Vulkanen. Nach unseren modernen Anschauungen über Art und Struktur der an der Oberfläche möglichen Gesteine kommt eine irdische Entstehung für die Meteoriten nicht in Frage. Nur für gewisse Typen der Achondrite wäre sie vielleicht möglich, doch diese reihen sich so eng und zwanglos an die übrigen Meteoriten an, daß eine Sonderentstehung für sie nicht anzunehmen ist. Die Meteoriten sind also zweifellos als außerirdische Körper zu betrachten.

Viel schwieriger ist die Frage zu entscheiden, ob sie unserem *Sonnensystem* angehören oder ob sie aus dem *interstellaren Raum* zu uns kommen, eine Frage, die für unsere Anschauung über die stoffliche Einheit des Weltalls von großer Bedeutung ist.

Zunächst einmal: Welche Beziehungen bestehen zu den Sternschnuppen und den Feuerkugeln, Himmelskörpern, von denen wir nur Lichtsignale erhalten und die nicht bis auf

die Erdoberfläche gelangen? Alle Beobachtungen deuten darauf hin, daß Sternschnuppen, Feuerkugeln und Meteoriten nicht wesensgemäß verschieden sind. Wohl zeigte das Kapitel über die Statistik der Meteoritenfälle (S. 48), daß keine Beziehungen bestimmter Meteoriten zu den sogenannten Sternschnuppenschwärmen nachzuweisen sind. Aber es gibt genug sporadische Sternschnuppen, die der Intensität der Lichterscheinungen nach ganz allmählich in die Feuerkugeln übergehen. Diese wiederum zeigen alle Übergänge zu den niederfallenden Meteoriten. Zwischen den drei Erscheinungsformen scheint im wesentlichen nur ein Unterschied in der Masse zu bestehen. Nur von einer bestimmten Masse an können fremde außerirdische Körper die harte Prozedur überstehen, die sie beim Eindringen in die Atmosphäre erdulden müssen. Ist die Masse zu gering, so verglühen sie nur zu Dampf und Rauch. Der Mangel einer Beziehung zwischen Meteoriten und jenen Sternschnuppenschwärmen liegt dann darin begründet, daß bei diesen die Zerteilung des Materials so weit vor sich gegangen ist, daß kein Individuum des Schwarmes die Mindestmasse aufweist, die zum Durchdringen der Atmosphäre notwendig ist.

Die Bahnbestimmungen sowohl der Sternschnuppen, Feuerkugeln wie der Meteoriten weisen darauf hin, daß sie dem Sonnensystem wie dem interstellaren Raum angehören können. Die zugrunde liegenden Beobachtungsdaten der meisten dieser Bahnberechnungen sind jedoch so wenig genau, daß es untunlich erscheint, allein auf Grund dieser Berechnungen für weitaus die meisten der Meteoriten die Herkunft aus dem interstellaren Raum anzunehmen, wie sie es verlangen. Bei der großen Bedeutung dieser Frage sei nochmals auf das Sammeln möglichst exakter Bahnbeobachtungen durch den Laien hingewiesen!

Als ein Beweis für die Herkunft der Meteoriten aus unserem Sonnensystem werden die Fallzeiten angeführt. Wir hatten bei deren Erörterung auf S. 49 gesehen, daß rund zwei Drittel aller Meteoriten, deren Falldaten genauer bekannt sind, in der Zeit von Mittag bis Mitternacht gefallen sind, also sich im gleichen Sinn wie die Erde um die Sonne

bewegen. Für das letzte Drittel mit Fallzeiten von Mitternacht bis Mittag ist es, worauf wir schon hinwiesen, nicht notwendig, anzunehmen, daß sie eine entgegengesetzte Bahnrichtung haben, sondern sie können auch von der Erde überholt werden. Es ist jedoch noch nicht möglich, eine Entscheidung zwischen diesen beiden Möglichkeiten zu treffen.

Auch die oben erörterten Altersbestimmungen werden im Sinne einer Herkunft aus dem Sonnensystem gedeutet. Keiner der untersuchten Meteoriten erwies sich als älter als 3×10^9 Jahre, während für die Fixsternwelt ein Alter von 10^{12} bis 10^{13} Jahren angenommen wird. Aber auch hier ist die Schlußfolgerung noch nicht eindeutig. Zur Vorsicht mahnt schon die vorläufig noch sehr geringe Zahl der bisher auf ihren Heliumgehalt untersuchten Meteoriten, es sind nur 38 Meteoreisen, die sich auf den Zeitraum von rund 100—3000 Millionen Jahren ziemlich gleichförmig verteilen. Außerdem wurde vorausgesetzt, daß seit der Bildung des Meteoriten kein nennenswerter Heliumverlust durch Herausdiffundieren entstanden ist. Wohl haben Versuche gezeigt, daß das Nickeleisen das Helium ganz außerordentlich festhält, selbst durch mehrstündiges Erhitzen auf sehr hohe Temperaturen traten nur ganz geringe Heliumverluste ein. Bei den ungeheuren Zeiträumen können sich jedoch auch geringe Verluste zu merklichen Werten summieren. Und selbst wenn die angegebenen Alterszahlen richtig sind, müßte erst diskutiert werden, ob nicht die oben angeführte Zahl für das Alter des Fixsternsystems einer Revision zu unterziehen ist.

In dem Abschnitt über die chemische Zusammensetzung der Meteoriten haben wir gesehen, daß die Art und die Häufigkeit der Elemente der Meteoriten mit denen der Erde übereinstimmt resp. denselben Gesetzmäßigkeiten gehorcht. Diese *Übereinstimmung erstreckt sich sogar auf den Feinbau der Elemente.* Die neuere Atomforschung hat gezeigt, daß die chemischen Elemente nur in seltenen Fällen „Reinelemente" sind, also nur aus einer Atomart bestehen, weitaus die meisten sind „Mischelemente", aus zwei, drei oder noch viel mehr Arten von Atomen zusammengesetzt. So ist z. B. das Eisen mit dem Verbindungsgewicht 55,84 zusammengesetzt

aus zwei Atomarten von dem Atomgewicht 54 und 56, und zwar in einem solchen Verhältnis, daß das angegebene Verbindungsgewicht herauskommt. Auch das Nickel (58,69) ist eine Mischung aus zwei Komponenten von den Atomgewichten 58 und 60, während das Kobalt ein Reinelement ist. Diese verschiedenen Atomarten eines Mischelementes hat man als „Isotopen" bezeichnet, und zahlreiche, äußerst genaue Feststellungen des Verbindungsgewichtes haben gezeigt, daß das Mischungsverhältnis der Isotopen in den chemischen Elementen auf der Erde immer das gleiche ist. In gleicher Weise hat man das Isotopenverhältnis der meteoritischen Elemente untersucht mit dem bemerkenswerten Ergebnis, daß es dem irdischen vollständig gleicht. Dieser Befund läßt zwei Schlüsse zu. Entweder hält man es für unwahrscheinlich, daß das Isotopenverhältnis in dem gesamten Weltall genau gleich ist, dann würde er dafür sprechen, daß die Meteoriten nur aus dem Sonnensystem stammen, da die Annahme durchaus verständlich ist, daß die von einem Fixstern, nämlich unserer Sonne, stammende Materie gleichartig zusammengesetzt ist. Oder aber man läßt die mindestens teilweise Herkunft der Meteoriten aus dem interstellaren Raum zu, dann spräche der Befund für eine ganz großartige Einheitlichkeit im stofflichen Aufbau des gesamten Weltalls. Wiederum ergibt sich hieraus die eindringliche Forderung, die Meteoriten und ihre Fallerscheinungen auf das eingehendste zu beobachten und zu untersuchen. Vielleicht geben uns die Ergebnisse dieser Untersuchungen dereinst eine eindeutige Antwort auf die grundlegende Frage nach dem stofflichen Aufbau des Weltalls.

Die Entstehung der Meteoriten. Über die *Entstehung der Meteoriten* sind sehr viele Hypothesen aufgestellt worden. Gleich nachdem sich die Anschauung Chladnis durchgesetzt hatte, wurde angenommen, daß sie Auswürflinge der Mondvulkane seien. Der Chemismus der Meteoriten spricht dagegen, in gleicher Weise auch gegen die Hypothese, daß in den Meteoriten der Rest der von der Erde und von dem Monde bei ihrer Bildung nicht erfaßten Materie vorliegt. Diese soll sich allmählich zu Tropfen, eben den Meteoriten,

verdichtet haben. Der bekannte schwedische Forscher S. Arrhenius nahm an, daß von den Fixsternen ausgeschleuderte feinste Materie sich zu Staub und schließlich zu Meteoriten zusammenballen kann. Ferner wurde die Hypothese aufgestellt, daß die Meteoriten *Bruchstücke von Weltkörpern* seien (Tschermak), sei es, daß sie durch vulkanische Explosionen in den Weltraum geschleudert wurden, sei es, daß auf irgendeine andere Art und Weise ein oder mehrere Gestirne zertrümmert wurden (Daubrée). Nach einer Meinung soll dieser Himmelskörper ein Planet gewesen sein, der zwischen Mars und Jupiter bestanden hat. Es sollen die „Meteoriten und Planetoiden nichts anderes sein als die Zeugen einer vorübergegangenen Episode in der Geschichte unseres Planetensystems". Von anderen Forschern wird die Sternzertrümmerung in den stellaren Raum verlegt. Für die Trümmerhypothese spricht der Chemismus und der Mineralbestand der Meteoriten. Beide sind, trotz aller Vielfalt im einzelnen, von bemerkenswerter Einheitlichkeit und gestatten, wie wir gesehen haben, das Aufstellen einer gesetzmäßigen Reihe. Wir finden nicht beliebige Stoffassoziationen, sondern nur ganz bestimmte von ihnen, solche, die wir nach allen bisherigen chemischen und physikalischen Erfahrungen erwarten müßten, wenn ein Himmelskörper etwa von der Art der Erde zertrümmert wird. Ein weiteres Argument für die Hypothese ist die bruchstückartige Form der Meteoriten, und damit steht im Einklang, daß nach astronomischen Erfahrungen bei manchen Planetoiden nicht die Kugelform, die sonst die Himmelskörper zeigen, sondern eine unregelmäßig eckige Begrenzung anzunehmen ist, was auf ihre Bruchstücknatur hinweisen würde.

Als Quintessenz dieses Abschnittes und zugleich die letzte Schlußfolgerung aus all dem Tatsachen- und Beobachtungsmaterial, das wir in diesem Büchlein dem Leser unterbreitet haben, wäre also festzustellen: In dem knappen anderthalb Jahrhundert, das seit der Aufstellung der These von dem außerirdischen Ursprung der Meteoriten durch Chladni vergangen ist, ist trotz stark vermehrten Beobachtungsmaterials

und bedeutend größerer Erfahrung keine einzige Tatsache gefunden worden, die irgendwie im Widerspruch zu dieser These stände. Noch nicht eindeutig entschieden ist die Frage nach der Herkunft der Meteoriten. Gewisse Beobachtungen scheinen mehr für ihre Zugehörigkeit zu dem Sonnensystem zu sprechen. Ebenfalls noch nicht geklärt ist die Frage der Entstehung der Meteoriten. Hier deuten Beobachtungen mehr auf ihre Natur als Trümmer eines größeren Weltkörpers als auf ihre Entstehung als Einzelkörper hin.

Um all diese Fragen der Klärung näherzubringen, ist intensive Weiterarbeit notwendig. Diese Arbeit ist vor allem natürlich von dem Fachmann zu leisten, der mit dem Rüstzeug der modernen Naturwissenschaft immer wieder und immer genauer diese so interessanten Körper zu untersuchen hat. Weiterhin ist die Meteoritenkunde im Gegensatz zu manch anderer naturwissenschaftlichen Disziplin in der erfreulichen Lage, breite, naturwissenschaftlich interessierte Volkskreise zur aktiven Mitarbeit und nicht nur zur passiven Entgegennahme der Forschungsergebnisse der Fachleute aufzufordern. Wir haben gesehen, von welcher Bedeutung der gesamte Erscheinungskomplex ist, der mit dem Niedergang eines Meteoriten verknüpft ist. Kleine, unbedeutend erscheinende Beobachtungen von Laien können dabei, wenn sie nur in genügender Anzahl vorliegen und mit der nötigen Genauigkeit angestellt worden sind, gegebenenfalls die Grundlage zu weitgehenden und wichtigen Rückschlüssen bilden. Es würde daher für den Verfasser einen Erfolg bedeuten, wenn es ihm durch dieses Büchlein gelungen wäre, bei einer möglichst großen Zahl von Volksgenossen die Bereitwilligkeit und Fähigkeit zu dieser aktiven Mitarbeit an unserer Wissenschaft erzeugt zu haben.

Anhang.

Meteoritensammlungen.

Sobald die wahre Natur der Meteoriten erkannt war, setzte eine eifrige Sammeltätigkeit ein. Einige große Sammlungen entstanden, und diese sind für das Studium der Meteoriten von um so größerer Bedeutung, als das Material ja nicht jederzeit, wie bei irdischen Gesteinen, erhältlich ist, manche Meteoriten ganz einzigartig sind und für ein eingehenderes Studium große Stücke und möglichst umfangreiches Vergleichsmaterial notwendig ist. Wohl die älteste und auch heute noch eine der bedeutendsten Meteoritensammlungen ist die des ehemaligen Hofmuseums in Wien. Weit über 600 Fälle und Funde sind hier vertreten. Ähnlich alt und umfangreich sind die Sammlungen des Britischen Museums in London und des Naturhistorischen Museums in Paris. In Deutschland sind besonders die Sammlungen der Universitäten Berlin, Bonn, Tübingen und Göttingen zu erwähnen. Kleinere findet man an fast allen Universitäten. In den Vereinigten Staaten sind die Meteoritensammlungen in den letzten Jahren stark vergrößert worden. Das Field Museum in Chikago enthält heute wohl die größte Meteoritensammlung der Welt, weitere sehr große befinden sich im National Museum in Washington, im American Museum of Natural History in Neuyork, an den Universitäten Havard und Cambridge. Weiter finden sich noch große Sammlungen in Stockholm, Budapest, Kalkutta und Mexico-City.

Zusammenstellung der Meteoriten Deutschlands.

(Vgl. dazu Abb. 81.)

1. Barntrup, Lippe-Detmold. Fall: 28. Mai 1886. Chondrit. Nach einer Detonation fiel ein kleiner Stein von nur 17,3 g Gewicht. 9½ g in Detmold, 6 g in Wien.
2. Beverbruch, Cloppenburg, Oldenburg. Fall: 10. September 1930, 14 Uhr 15. Stein. Nach einer Detonation fielen 2 Steine von 11,73 kg bei Beverbruch und 4,85 kg bei Bissel. Cloppenbruch 16,58 kg.

3. Bitburg, Albacher Mühle, nördl. Trier, Preußen. Fund: 1802. Pallasit. Ursprüngliches Gewicht: über 1600 kg. Das Meteoreisen wurde umgeschmolzen, so daß nur noch ca. 34 g unverändertes Material vorhanden sind. Geologische Landesanstalt in Berlin 55 kg, Ber-

Abb. 81. Karte der Fall- und Fundorte der Meteoriten von Deutschland. ○ = Stein, Fund; -○- = Stein, Fall; -●- = Lithosiderite, Fund; ★ = Pallasit, Fund; ● = Eisen, Fund; -●- Eisen, Fall.

liner Universität 2,8 kg, Bonn 3,44 kg, Tübingen 2,79 kg.

4. Bremervörde, Hannover, Preußen. Fall: 13. Mai 1855, 17 Uhr. Chondrit. Nach Detonationen fielen fünf Steine. Der größte wog 2,8 kg. Gesamtgewicht etwa 7¼ kg. Göttingen 2,8 kg. Bergakademie Clausthal 1,2 kg.
5. Darmstadt, Hessen. Fund: vor 1804. Chondrit. Nach Detonationen fiel ein Stein von etwa 100 g. Universität Heidelberg 64 g, Göttingen 16 g.

6. Eichstädt, Mittelfranken, Bayern. Fall: 19. Februar 1785, 12 Uhr 15. Chondrit. Nach Detonationen fiel ein Stein von 3,2 kg bei Witmeß bei Eichstädt. Universität München 0,5 kg, Universität Zürich 0,293 kg, Wien 0,13 kg.

7. Erxleben, Magdeburg, Preußen. Fall: 15. April 1812, 16 Uhr. Chondrit. Nach Detonationen fiel ein Stein von 2¼ kg. Göttingen 0,3 kg, Berlin 0,13 kg.

8. Forsbach bei Köln, Rheinpreußen. Fall: 12. Juni 1900, 14 Uhr. Chondrit. Ein Stein über 240 g fiel. Bonn, fast der ganze Stein.

9. Gnadenfrei bei Frankenstein, Schlesien. Fall: 17. Mai 1879, 16 Uhr. Chondrit. Nach Detonationen fielen zwei Steine von 1 kg und ¾ kg. Universität Breslau 0,79 kg, Wien 0,09 kg.

10. Grüneberg, Schlesien. Fall: 22. März 1841, 15 Uhr 30. Chondrit. Nach Detonationen fiel ein Stein von etwa 1 kg. Berlin 0,45 kg, Tübingen 0,1 kg.

11. Gütersloh bei Minden, Westfalen. Fall: 17. April 1851, 20 Uhr. Chondrit. Nach Erscheinen einer Feuerkugel mit Detonationen wurde am nächsten Tag ein Stein von 937 g, ein Jahr später ein kleinerer, stark verwitterter gefunden, von ca. ½ kg. Berlin 0,88 kg, London 0,1 kg.

12. Hainholz bei Minden, Westfalen. Fund: 1856. Mesosiderit. Gewicht 16,5 kg. Tübingen 6,3 kg, Berlin 0,45 kg, Göttingen 0,2 kg, Wien 0,75 kg. In vielen Sammlungen vertreten.

13. Hungen, Hessen. Fall: 17. Mai 1877, 7 Uhr. Chondrit. Nach Detonationen fielen zwei Steine von nur 86 und 26 g. Der kleinere wurde erst später in einem Wald etwa 4½ km von Hungen entfernt gefunden. Gießen 56 g, Wien 25 g.

14. Ibbenbüren, Westfalen. Fall: 17. Juni 1870, 14 Uhr. Achondrit (Diogenit). Nach Lichterscheinungen und Detonationen fiel ein Stein von 2,064 kg. Berlin 1,9 kg.

15. Klein-Wenden bei Nordhausen, Thüringen. Fall: 16. September 1843, 16 Uhr 45. Chondrit. Ein Stein von 3¼ kg fiel nach Detonationen. Berlin 2,5 kg, Wien 0,17 kg.
16. Krähenberg bei Zweibrücken, Bayrische Pfalz. Fall: 5. Mai 1869, 18 Uhr 30. Chondrit. Nach Erscheinen einer Wolke und nach Detonationen fiel ein Stein von etwa 16½ kg. Speyer (Museum) 15 kg, Wien 0,09 kg.
17. Linum bei Fehrbellin, Brandenburg. Fall: 5. September 1854, 20 Uhr. Chondrit. Nach Detonationen fiel ein Stein von 1862 g. Berlin 1,73 kg.
18. Mainz, Hessen. Fund: 1850. Chondrit. Gewicht 1¾ kg. Kalkutta 0,2 kg, Wien 0,12 kg, Tübingen 0,05 kg.
19. Mäßing bei Alt-Ötting, Niederbayern. Fall: 13. Dezember 1803, 10 Uhr 30. Achondrit (Howardit). Nach Detonationen fiel ein Stein von 1,6 kg Gewicht. Nur noch wenige Gramm erhalten. Berlin 22 g.
20. Menow, Mecklenburg. Fall: 7. Oktober 1862, 12 Uhr 30. Chondrit. Nach Detonationen fiel ein Stein von 10½ kg. Berlin 0,5 kg, Kalkutta 2,6 kg, London 1,13 kg, Stockholm 0,29 kg, Wien 0,16 kg.
21. Meuselbach, Thüringen. Fall: 19. Mai 1897, 19 Uhr 45. Chondrit. Nach Detonationen fiel ein Stein von 870 g. Hauptteil in Rudolstadt (Museum), Jena 10 g, Wien 58 g, London 20 g.
22. Nenntmannsdorf bei Pirna, Sachsen. Fund: 1872. Hexaedrit. Gewicht 12½ kg. Dresden 11,6 kg, Wien 0,07 kg.
23. Obernkirchen bei Bückeberg, Oldenburg. Fund: 1863. Oktaedrit. 41 kg. London 35 kg, Göttingen 0,14 kg.
24. Pfullingen bei Tübingen, Württemberg. Fall: 29. Oktober 1904, 16 Uhr. Oktaedrit. Nach Detonationen fiel ein Eisen von 7½ kg. Das Eisen befindet sich in Privatbesitz.
25. Pohlitz bei Gera, Thüringen. Fall: 13. Oktober 1819, 8 Uhr. Chondrit. Einige Tage nach dem Auftreten von Detonationen wurde ein Stein von etwa 3 kg gefunden.

Gera (Museum) 0,4 kg, Berlin 0,7 kg, Tübingen 0,15 kg, Gotha 0,14 kg.

26. Schellin bei Stargard, Pommern. Fall: 11. April 1715, 16 Uhr. Chondrit. Nach Detonationen fielen zwei Steine, der größere etwa 7 kg, der kleinere so groß wie ein Gänseei. Wenig erhalten. Berlin 0,7 kg.

27. Schönenberg bei Pfaffenhausen, Bayern. Fall: 25. Dezember 1846, 14 Uhr. Chondrit. Nach Detonationen fiel ein Stein von etwa 8 kg. München 7,6 kg.

28. Seeläsgen, Brandenburg. Fund: vor 1847. Eisen: Oktaedrit. 102 kg. Berlin 4,4 kg, Bonn 3,6 kg, Freiburg 3,4 kg, Tübingen 14,9 kg, Wien 6,58 kg.

29. Simmern, Hunsrück, Preußen. Fall: 1. Juli 1920, 9 Uhr 15. Chondrit. Nach Erscheinen einer Feuerkugel und nach Detonationen fiel eine große Anzahl Steine über ein Gebiet von etwa 18×3 km. Drei im Gewicht von 610, 470 und 142 g wurden gefunden. Bonn 0,2 kg.

30. Steinbach, Erzgebirge, Sachsen, Rittersgrün, Breitenbach und Grimma. Fund: 1724. Siderophyr. Große Massen. Ursprüngliches Gewicht nicht bekannt. Grimma 0,9 kg, seit 1565 erwähnt, Steinbach, 1751 erwähnt, Rittersgrün 86½ kg, 1833 oder 1847 gefunden, Breitenbach 10½ kg, 1861 gefunden. Um 1540—1550 soll eine große Eisenmasse bei Grimma (Sachsen) gefallen sein. Grimma 0,9 kg in Gotha; Rittersgrün 55,5 kg in Freiberg, sonst weit verbreitet; Breitenbach 6,2 kg in London.

31. Tabarz bei Gotha, Thüringen. Fund: 1854. Oktaedrit. Ursprüngliches Gewicht unbekannt. Sehr wenig erhalten. Göttingen 20 g, Wien 16 g.

32. Treysa, Hessen. Fall: 3. April 1916, 15 Uhr 30. Oktaedrit. Nach Erscheinen einer Feuerkugel und nach Detonationen fiel ein Eisen von ca. 63 kg. 11 Monate später wurde es nach genauer Bahnberechnung durch A. Wegener an der berechneten Stelle gefunden. Hauptmasse in Marburg. London 1,77 kg.

33. Unter-Mäßing, Bayern. Fund: 1920. Oktaedrit. 8 kg. Hauptmasse in Nürnberg (Museum).

Tabelle der Meteoritenmineralien.

Mineral		Chem. Zusammensetzung
Elemente	Diamant	Kohlenstoff, C.
	Graphit	,, C.
	Nickeleisen	Legierung von Eisen (Fe) und Nickel (Ni)
	Kamazit	Mit bis ca. 6—7 % Ni.
	Taenit	Mit ca. 13—48 % Ni.
Sulfide, Phosphide, Karbide	*Oldhamit	Kalziumsulfid, CaS.
	Magnetkies, Troilit	Eisensulfid, FeS.
	*Daubréelith	Eisenchromsulfid, $FeCr_2S_4$
	*Schreibersit, *Rhabdid	Eisenphosphid (Fe, Ni, Co)$_3$P.
	Cohenit	Eisenkarbid, Fe_3C.
	*Moissanit	Siliziumkarbid, SiC.
Chloride	*Lawrenzit	Eisenchlorür, $FeCl_2$.
Oxyde	Quarz	Siliziumdioxyd, SiO_2.
	Tridymit	,, SiO_2.
	Magnetit	Eisenoxyduloxyd, $FeFe_2O_4$.
	Chromit	Eisenoxydulchromoxyd, $FeCr_2O_4$
Silikate	Plagioklas	Mischkristalle v. Albit (Natriumaluminiumsilikat $NaAlSi_3O_8$) und Anorthit (Kalziumaluminiumsilikat $CaAl_2Si_2O_8$).
	*Maskelynit	Glas von der Zusammensetzung der Plagioklase.
	Enstatit, Bronzit, Hypersthen	Mischkristalle von Magnesium u. Eisensilikat ($MgSiO_3$—$FeSiO_3$).
	Clinoenstatit	Magnesiumsilikat ($MgSiO_3$).
	Diopsid	Magnesiumkalziumsilikat, $MgCa(SiO_3)_2$.
	Augite	Magnesium - Eisen - Kalziumsilikat mit Aluminium und 3-wertigem Eisen.
	Forsterit	Magnesiumsilikat (Mg_2SiO_4).
	Olivin	Magnesium-Eisensilikat, $(Mg, Fe)_2SiO_4$.

Die Tektite.

Anhangsweise sei hier noch eine Gruppe von Körpern angeführt, über deren Herkunft und Entstehung noch erhebliche Ungewißheit herrscht, wenngleich manche Erscheinung dafür spricht, daß sie ebenfalls meteoritischen Ursprungs sind. Es sind das flaschengrüne bis schwärzliche, glasige Körper, die mit dem Namen *„Tektite"* bezeichnet werden. Sie finden sich in Schottern jungtertiären bis diluvialen

Abb. 82 ($^2/_3$ verkl.).

Abb. 83 und 84. (Natürliche Größe.)

Abb. 82, 83 und 84. Moldavite, Böhmen.

Alters, manche auch auf der Erdoberfläche, und zwar in Böhmen und Mähren bei Budweis und Trebitsch (*Moldavite*, nach der Moldau benannt, oder *„Bouteillensteine"* wegen der flaschengrünen Farbe), ferner in Hinterindien, auf der Malaiischen Halbinsel, den Inseln Billiton und Borneo (*Billitonite*), im Süden von Australien und in Tasmanien (*Australite*) und ferner in Peru. Ihre Größe ist nicht erheblich, sie geht höchstens bis zu der einer Männerfaust. Sie sind ent-

weder unregelmäßig geformt, vielfach mit recht charakteristischer Oberflächenskulptur, oder auch rundlich, birnen-, hantel- oder knopfförmig. Abb. 82—92 geben eine Auswahl der verschiedenen Typen. Chemisch stehen sie gegenüber den Meteoriten völlig isoliert da, sie sind kieselsäurereich (70 bis 86% Kieselsäure) und ähneln in chemischer Hinsicht manchen Sandsteinen. Gediegene Metalle sind niemals gefunden worden. Mineralogisch bestehen sie fast ausschließlich aus

Abb. 85.

Abb. 86.

Abb. 85 und 86. Tektite von Hinterindien. Abb. 85 schwach verkleinert; Abb. 86 $^1/_2$ verkleinert. (Nach Lacroix, Arch. Mus. Nation. Hist. Natur. Paris 1932.)

Glas, nur bei dem Tektit von Paucartambo, Peru, konnten wohlausgebildete Kristalle von Andalusit, Sillimanit, Feldspat, Zirkon u. a. entdeckt werden, ein sonst bei Meteoriten ganz unbekanntes Zusammenvorkommen von Mineralien.

Der Fall eines Tektiten ist noch niemals beobachtet worden. Auffällig ist, daß die Fundpunkte etwa auf einem größten Kreis unserer Erdkugel liegen, der von Böhmen über Hinterindien, Australien, nördliches Südamerika verläuft. Die Annahme, daß es sich um Kunstprodukte handelt, dürfte ausgeschlossen sein. Von vulkanischen Gläsern sind sie deutlich in Chemismus und Mineralbestand verschieden. Daß es Verwitterungsprodukte sind, ist ebenfalls ganz unplausibel. So

Abb. 87.

Abb. 88.

Abb. 89.

Abb. 87, 88 und 89. Billitonite von der Insel Billiton.

Abb. 87 schwach verkleinert; Abb. 88 und 89 etwas vergrößert.

Abb. 90.

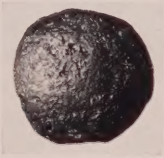

Abb. 91.

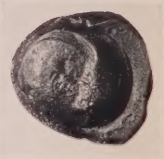

Abb. 92.

Abb. 90 bis 92. Australite, Australien, etwa natürliche Größe.

bleibt vorläufig nur die Annahme übrig, daß es Meteoriten sind, und zwar eine Gruppe, die anscheinend nur zu einem gewissen Zeitpunkt in den Anziehungsbereich der Erde getreten ist.

Sachverzeichnis.

Achondrit 94, 97, 98, 102.
Aerolith 3.
Alter der Meteoriten 97.
Altersbestimmung 104.
Amphoterit 98.
Angrit 98.
Anorthit 99.
Ataxit 91, 92, 97, 99.
Ataxitstruktur 91.
Aubrit 98.
Aufschlag, Einwirkungen 12.
Augit 98, 113.
Australit 114, 116.

Baethylien 3.
Bahnbestimmung 103.
Balkeneisen 86.
Bandeisen 86.
Bewegungsrichtung 49.
Billitonit 114, 116.
Bouteillenstein 114.
Brandzone 21.
Bronzit 83, 93, 95, 98, 113.
Bronzit-Olivin-Chondrit 98.
Brustseite 70.

Chassignit 98.
Chemischer Bestand der Meteoriten 73.
Chondrit 45, 95, 97, 98.
—, Struktur 96.
Chondrum 60, 63, 95.
Chromit 83, 113.
Cliftonit 79.
Clinobronzit 98.
Clinoenstatit 84, 113.
Clinohypersthen 99.
Cohenit 83, 113.

Daubréelith 80, 113.
Deutschlands Meteoriten 108.
Diamant 79, 113.
Diogenit 98.
Diopsid 84, 98, 113.
Donnerstein 3.

Edelmetallgehalt 76.
Eisenmeteoriten 99.
—, mittlere Zusammensetzung 75.
Eisenschiefer 27.
Emulsionsstruktur 93.
Enstatit 83, 98, 113.
Enstatitchondrum 95.
Enstatitchondrit 98.
Entmischung 82, 92.
Entstehung der Meteoriten 97, 105.
Erkennungszeichen der Meteoriten 59.
Eukrit 94, 99.

Fallerscheinungen 3.
Fallstunden 49.
Feldspäte 83.
Feuerkugel, Größenverhältnis zum Meteoriten 9.
Form der Meteoriten 69.
Forsterit 113.
Fülleisen 87.

Gase in den Meteoriten 77.
Gefährlichkeit niederfallender Meteoriten 50.
Gefüge, oktaedrisches 90.
Gewicht und Größe der Meteoriten 63.
Grahamit 99.
Graphit 79, 113.

Häufigkeitsreihenfolge der Elemente in den Meteoriten 74.
Hedenbergit 84.
Helium 104.
Heliumgehalt 100.
Hemmungspunkt 7, 19.
Herkunft der Meteoriten 97, 102.
Hexaedrite 86, 91, 92, 97, 99.

Himmelsstein 3.
Historisches über Meteoriten 51.
Hörbarkeitsgebiete 10.
Howardit 99.
Hypersthen 83, 98, 113.
Hypersthen-Olivin-Chondrite 98.

Iron shale 27, 28, 29, 31, 66, 67.
— — von Henbury 31.
— — von Hoba 66, 67.
— — von Cañon Diablo 29.
Isotopenverhältnis 104.

Kamazit 86, 87, 91, 99, 113.
Klassifikation der Meteoriten 96.
Kohlenwasserstoffe in den Meteoriten 77.

Lamellen, Anordnung 87.
Lawrencit 83, 113.
Lichterscheinungen 3.
—, Farbe 7.
—, Intensität 4.
Lithosiderit 99.
Lodranit 99.
Luftstein 3.

Magnetit 83, 113.
Magnetkies 113.
Maskelynit 83, 99, 113.
Mesosiderit 99, 100.
Meteoreisen 97.
Meteoreisenvielling 89, 90.
Meteorit, Name 3.
Meteorit von Adargas 65.
— von Agram 55.
— von Alfianello 20.
— von Amalia Farm 89.
— von Anderson 52.
— von Aubres 98.
— von Angra dos Reis 98.
— von Aussun 51.
— von Babb's Mill 69, 70, 99.
— von Bacubirito 65, 99.
— von Bandong 13.
— von Barbotan 51, 55.
— von Barntrup 108.
— von Bath Furnace 4, 60.
— von Benares 51.
— von Bendego 65.
— von Beverbruch 108.
— von Bialystock 99.
— von Bitburg 109.
— von Bjurböle 12, 13, 15, 61, 65, 95.
Meteorit von Boogaldi 70, 71.
— von Braunau 7, 13, 20.
— von Breitenbach 112.
— von Bremervörde 98, 109.
— von Brenham 93.
— von Buei Muerto 68, 69, 70, 81, 82, 85.
— von Cabin Creek 72.
— von Cañon Diablo 27, 29, 79, 99.
— von Cape York 14, 65, 67, 68.
— von Charcas 101.
— von Chassigny 98.
— von Chesterville 91, 99.
— von Chihuahua 52, 101.
— von Chupaderos 65.
— von Coahuila 22.
— von Cranbourne 65.
— von Darmstadt 109.
— von Eischtädt 55, 110.
— von El Morito 68.
— von Ensisheim 13, 53, 54, 55.
— von Erxleben 110.
— von Farmington 61.
— von Forsbach 110.
— von Gnadenfrei 13, 110.
— von Grimma 112.
— von Grüneberg 110.
— von Gütersloh 110.
— von Hainholz 99, 110.
— von Henbury 30, 32, 69.
— von Hessle 22, 63.
— von Hoba 14, 65, 66.
— von Holbrock 21, 22.
— von Homestead 7, 21, 22, 95.
— von Hopewell Mounds 52.
— von Hungen 110.
— von Hvittis 13, 20, 72, 98.
— von Ibbenbüren 13, 98.
— von Ilimaes 80, 92.
— von Jewell Hill 87.
— von Juvinas 94.
— von Kernouvé 13.
— von Khaipur 22.
— von Klein-Wenden 111.
— von Knyahinya 13, 22, 65.
— von Krähenberg 7, 111.
— von Krasnojarsk 84, 99.
— von L'Aigle 21, 22, 56.
— von Lancé 13.
— von Linum 111.
— von Lodran 99.
— von Long Island 65, 69, 70.

Meteorit von Lumpkin 13.
— von Mainz 111.
— von Mässing 51, 111.
— von Mbosi 65.
— von Menow 111.
— von Meuselbach 98, 111.
— von Mezö-Madaras 96.
— von Middlesbrough 19.
— von Mocs 7, 13, 22, 98.
— von Morito 65, 69.
— von Mount Ayliff 101.
— von Mount Joy 101.
— von Mukerop 22, 80, 86, 99, 101.
— von Nakhla 51, 98.
— von Nelson Co. 101.
— von Nenntmannsdorf 111.
— von N'Goureyma 101.
— von Novo-Urei 79, 98.
— von Obernkirchen 111.
— von Ochansk 3.
— von Orgueil 7.
— von Osterau 54.
— von Paragould 13, 65.
— von Pfullingen 111.
— von Pillistfer 51.
— von Pohlitz 73, 111.
— von Prambanan 53.
— von Pultusk 7, 8, 9, 22, 60, 98.
— von Rich Mountain 70, 71.
— von Rittersgrün 112.
— von Roda 98.
— von Sacramento Mts. 101.
— von San Angelo 101.
— von San Julião 81.
— von San Martin 101.
— von Schellin 112.
— von Schönenberg 112.
— von Seeläsgen 99, 101, 112.
— von Seneca Falls 101.
— von Shelbourne 20.
— von Shergotty 99.
— von Simmern 112.
— von Stannern 22, 99.
— von Staunton 101.
— von Steinbach 99, 112.
— von St. Mark's Station 73.
— von St. Michel 13, 16, 20.
— von Tabarz 112.
— von Tjabé 13.
— von Toluca 22, 62, 90, 99, 101.
— von Treysa 5, 7, 9, 11, 13, 45, 112.
Meteorit von Tucson 69, 71.
— von Unter-Mässing 112.
— von Vaca Muerta 99.
— von Wichita 101.
— von Willamette 65, 67, 69.
— von Williamstown 101.
Meteoriten, Beziehungen zu Sternschnuppen und Feuerkugeln 102.
—, Gegenstand religiöser Verehrung 52.
—, orientierte 70.
Meteoritenbahnen, wirkliche und scheinbare 5.
Meteoritenfälle 57.
—, bildliche Darstellung 3.
—, örtliche und zeitliche Verteilung 45.
—, stündliche Verteilung 49.
—, Verteilung auf die Tage 48.
—, Zahl 44, 48.
Meteoritenkrater 23, 24.
— von Cañon Diablo 25.
— von Cañon Diablo, Lageplan 28.
— von Cañon Diablo, Querschnitt 26, 29.
— von Gran Chaco 40.
— von Gwarkuh 40.
— von Henbury 30, 31.
— von der Insel Ösel 34.
— von Nord- und Südkarolina 40.
— von Sall 35.
— von Bosumtwi 39.
— von der sibirischen Taiga 35, 37.
— von der sibirischen Taiga, Hauptkrater 37.
— von der sibirischen Taiga, Lageplan 36.
— von Warbar 32, 33, 34.
Meteoritenmineralien 78, 113.
Meteoritenmünze 52.
Meteoritensammlungen 108.
Meteoritenschauer 21.
Meteoritenschwärme 21.
Meteoritenstaub 63.
Meteorsteine 97.
Mineralien der Meteoriten 78, 113.
Moissanit 113.
Moldavit 114.
Mondstein 3.

Nakhlit 98.
Neumannsche Linien 85.

Nickeleisen 92, 94, 98, 100, 104, 113.
Nickeleisenlegierungen 79, 87.
Nickelgehalt der Meteoriten 75.
— der Meteoreisen 92.

Oberflächenbeschaffenheit 71.
Oldhamit 80, 113.
Oktaedrit 45, 89, 92, 97, 99.
Olivin 84, 93, 95, 98, 113.
Olivinchondren 96.

Pallasit 92, 93, 94, 99, 100.
Plagioklas 83, 113.
Plessit 87.
Pultusker Erbsen 64.

Quarz 83, 113.

Radiumgehalt 101.
Rauchbahn 9.
Reichenbachsche Lamellen 92.
Rhabdit 81, 82, 113.
Riesenmeteorit 23, 41, 43.
Rodit 98.
Rückenseite 70.

Schallerscheinungen 9.
—, Entstehung 11.
Schmelzrinde 60, 72.
Schreibersit 81, 82, 93, 100, 113.
Schweif, leuchtender 9.
Shergottit 99.
Siderolith 99.
Siderophyr 93, 99.
Staub 63.
Steinmeteoriten 98.
—, chemische Beschaffenheit 74.
—, Struktur 94.
Struktur der Meteoriten 84.
— der Eisenmeteoriten 85.
— der Steinmeteoriten 94.

Tänit 86, 87, 91, 99, 113.
Tektit 114.
— von Paucartambo 115.
Telegraphenstangenwald 38.
Tridymit 83, 99, 113.
Troilit 80, 93, 99, 100, 113.
Tropfenbildung 92.

Urangehalt 100.
Uranolith 3.
Ureilit 98.

Verteilung der Meteoriten auf die einzelnen Länder 46.
Vertiefungen, näpfchenförmige 71.

Waffen aus Meteoriten 53.
Widmannstettersche Figuren 61, 86, 87.

Zahl der niederfallenden Meteoriten 48.

Druck der Spamer A.-G. in Leipzig

334494 Astron H

Author Heide, Fritz

Title Kleine Meteoritenkunde.

DATE.	NAME OF BORROWER.
June 29 '38	M. A. Petersen

University of Toronto Library

DO NOT REMOVE THE CARD FROM THIS POCKET

Acme Library Card Pocket
LOWE-MARTIN CO. LIMITED